

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический  
(институт)  
Транспортные и Технологические Машины  
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.А. Зеер\_\_\_\_\_  
(подпись) (инициалы, фамилия)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

190109.65 «Автомобили и тракторы»  
(код и наименование специальности)  
«Электромотоцикл категории L1»  
(тема)

Пояснительная записка

Руководитель	_____	_____ В.А. Зеер_____ (подпись, дата) (должность, ученая степень) (инициалы, фамилия)
Выпускник	_____	_____ И.Н.Дзюба_____ (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа ДП по теме \_\_\_\_\_

---

Консультанты по  
разделам:

_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
_____ (наименование раздела) (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)

Нормоконтролер

_____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
--------------------------	------------------------------

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Техничко-экономическое обоснование.....	7
1.1 Обзор существующих рамных конструкции.....	11
1.2 Сравнение стоимости владения электромотоцикла с бензиновым аналогом.....	15
2 Конструкторская часть.....	17
2.1 Требования к конструкции несущей системы.....	13
2.2 Техническое задание на проектирование рамы электромотоцикла..	14
2.3 Проектирование рабочего места водителя.....	19
2.4 Определение координат центра масс и опорных реакций, действующих на электромотоцикл.....	21
2.4.1 Координаты центра масс электромотоцикла.....	21
2.5 Расчет эксплуатационных свойств (тормозные свойства).....	26
2.5.1 Расчет тормозного пути.....	28
2.5.2 Приближенный расчет показателей тормозных свойств.....	32
2.5.3 Расчет остановочного пути.....	33
2.5.4 Результаты анализа результатов.....	34
2.6 Определение основных параметров тормозных механизмов.....	32
2.6.1 Расчет заднего дискового механизма с гидравлическим приводом .....	35
2.6.2. Расчет переднего барабанного тормозного механизма с тросовым приводом .....	38
2.6.3 Расчет удельного давления колодок.....	40
2.6.4 Расчет работы трения .....	42
2.6.5 Расчет на нагрев тормозного барабана.....	42
2.7 Проверочные расчеты тормозных механизмов.....	44
2.7.1 Расчет болтов крепления заднего суппорта на срез.....	44
2.7.2 Расчет колодки барабанного тормоза на износ.....	45
2.7.3 Расчет ручного рычага на изгиб.....	45
2.8 Проверочный расчет несущей системы.....	46
2.9 Расчет деталей несущей системы и задней маятниковой вилки на прочность .....	57
2.9.1 Расчет сварного стыкового соединения подножек с рамой.....	57
2.9.2 Расчет сварного соединения верхнего кронштейна крепления амортизатора.....	58
2.9.3 Расчет оси маятниковой вилки на срез.....	59
2.9.4 Расчет на растяжение кронштейна крепления амортизатора .....	59

2.10 Проектирование электрооборудования мотоцикла .....	60
3 Технологическая часть.....	64
Введение.....	49
3.1 Технологический процесс изготовления детали.....	50
4 Экономическая часть.....	65
Введение .....	68
4.1 Определение стоимости проекта.....	68
4.1.1 Затраты на конструкторскую работу.....	68
4.1.2 Затраты на материалы и комплектующие для изготовления рамы электромотоцикла категории L1 .....	68
4.1.3 Затраты на заработную плату производственных рабочих.....	71
4.1.3.1 Расчет затрат на слесарно-сборочные работы.....	72
4.1.3.2 Расчет затрат на сварочные работы.....	72
4.1.3.3 Расчет работ на станочные работы.....	73
4.1.4 Затраты на социальные нужды.....	74
4.1.4.1 Отчисления на социальные нужды конструктора.....	73
4.1.4.2 Отчисления на социальные нужды производственных рабочих.....	75
4.1.5 Прочие затраты.....	75
4.1.6 Капитальные вложения на разработку и изготовление опытного образца рулевого управления.....	76
4.2 Расчет экономической эффективности проекта.....	76
4.2.1 Эффективность принятого конструкторского решения.....	76
5 Безопасность и Экологичность проекта.....	79
Введение.....	79
5.1 Характеристика помещения лаборатории испытания транспортных средств ЛИТС.....	80
5.2 Микроклимат.....	81
5.3 Анализ опасных и вредных факторов.....	82
5.4 Вывод на основе анализа.....	88
5.5 Пожарная безопасность.....	88
5.6 Экологичность проекта.....	93
Заключение.....	94
Список использованных источников.....	96
Приложение А – Спецификация.....	98
Приложение Б – Регламент соревнований» Smartmoto challenge»	

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с повышением цен на топливо и вопросом о сохранении окружающей среды люди стали задумываться об альтернативном виде топлива. Одним из таких "топлив" является электроэнергия. Первые в мире электромобили появились задолго до изобретения автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. В 1837 г. свет увидел так называемый экипаж, первый представитель "электромобильного транспорта", созданный американцами Девенпатором и Пейджем, а также шотландцем Робертом Девидсоном. Но в наше время не менее интересным и популярным стал такой транспорт как велосипед на электротяге.

Идея оснащения велосипеда двигателем возникла немногим позже появления самого велосипеда. В 1888 году Джон Данлоп изобрёл пневматические шины, что значительно повысило комфорт и безопасность езды, сделав велосипед одним из самых популярных средств передвижения [1]. Дальнейшее развитие идеи связано с прогрессом в области электротехники. С 1890 сразу несколькими патентами была защищена конструкция электрического привода, устанавливаемого на велосипеде. Так, патент США (1895) описывает устройство велосипеда оснащённого электродвигателем постоянного тока. В 1899 году Джон Шнепф разработал модель привода заднего колеса.

В 1860-х появляются первые упоминания о патентах на электромотоциклы. В 1911 году были созданы опытные образцы (ЕМ History: 1911 Popular Mechanic). Первый серийный электроскутер был создан компанией Peugeot в 1996 году под названием Scoot'Elec. Мощность данного аппарата составляла 2,8 кВт (4 л.с.). В 2007 году мотоцикл «Killacycle» использующий литий-ионный аккумулятор, установил новый мировой рекорд скорости на дистанции ¼ мили, который преодолел за 7,824 сек (270 км/ч) в Фениксе, США.

### 1 Технико-экономическое обоснование

Электротранспорт пользуется большой популярностью. Это связано с тем, что год за годом Европейские страны активно оказывают содействие производителям экологически чистого транспорта, введением сертификатов соответствия класса «Еuro» а также ищут способы отказаться от использования углеводородов.

Главные преимущества электротранспорта на примере электромотоцикла:

Этот транспорт долговечен. А с точки зрения надежности электродвигатели даже превосходят ДВС.

Доля от общего загрязнения окружающей среды транспортом, оснащенным двигателями внутреннего сгорания, составляет 90%, а электротранспорт используют аккумуляторы с энергией.

По результатам исследования британских ученых не уступая в функциональности бензиновому мотоциклу, электромотоцикл экономичнее в обслуживании в 7 раз (учтен бензин и другие расходные материалы из

нефтепродуктов, техобслуживание). Передовые страны мира, такие как: США, Китай, Япония, Германия, Великобритания - имеют долгосрочные программы поддержки развития электротранспорта и стимулирования потребителей. Учитывая, что на сегодняшний день высокая цена - один из сдерживающих факторов развития электротранспорта, участие и поддержка государства в этом вопросе приобретает особое значение. Среди предлагаемых механизмов: субсидии, льготные схемы кредитования, отмена транспортного налога, обнуление НДС, разрешение электромотоциклам ездить по выделенным полосам для общественного транспорта. Что позволяет использование таких мотоциклов, как для повседневного использования, так и на службе в курьерской доставки, почты, полиции и т.д.

Наибольшим потребительским рынком электромотоциклов являются страны Юго-восточной Азии. Лидирующее положение занимает Китай, где в крупных городах запрещена эксплуатация мототехники с ДВС.

Популярностью легкий электротранспорт пользуется в Европе, где правительство и граждане заботятся об экологии своих стран.

На американском континенте большое внимание электромотоциклам уделяют в Канаде и южных штатах США — Флориде и Калифорнии.

Положительное качество, что такие мотоциклы, работающие на электроэнергии, могут заряжаться как от сети, так и самых разных источников. С ними человек становится совершенно независимым от бензина — он может ездить там, где захочет, и находиться в пути столько времени, сколько ему нужно.

Из за более эффективной работы электродвигателя электромотоциклы отличаются превосходными показателями динамики разгона и удобством в управлении. КПД бензинового двигателя составляет не более 30%,против 98% электродвигателя. А применение системы рекуперации, позволяет эффективнее использовать энергию аккумулятора. Так как при движении накатом или торможении происходит подзарядка батареи.

Основными источником акустического загрязнения окружающей среды является автомобильный и мототранспорт : его вклад в общее акустическое загрязнение в городах составляет от 75 до 90% .

Бесспорное достоинство, что этот электромотоцикл практически бесшумен. Уровень шума составляет 40дБ против возможных 95дБ бензинового мотоцикла. По ГОСТ Р 41.41-2001 максимально допустимый уровень шума должен быть не более 75дБ.

Однако изучено что шум уже на уровне 60-75 дБ на средних и высоких частотах оказывают вредное воздействие на нервную систему человека, занятого работой, требующей сосредоточенного внимания, к которой относится управление мотоциклом.

А отсутствие вибраций в электромотоцикле, оказывает положительное влияние на психомоторную работоспособность, эмоциональную сферу и умственную деятельность человека, понижает вероятность возникновения несчастных случаев.

Исходя из практических данных установлено что мощность двигателя редко превышает 4кВт.

Поэтому управление такого мотоцикла не требует водительского удостоверения, что значительно увеличивает круг потребителей

Мотоциклы, работающие на электроэнергии, обладают очень простой конструкцией – что позволяет снизить количество узлов а, следовательно, просты в эксплуатации.

Из-за отсутствия топливного бака и особенностей конструкции двигателя мотоцикл с электроприводом имеет очень эффектную, зачастую даже экзотическую «внешность».

В случае ДТП риск детонации бензина гораздо выше, чем риск взрыва аккумулятора. Современные литий-ионные батареи ни в процессе эксплуатации, ни при ДТП не взрываются. Более того, в любом транспорте вопрос безопасности стоит на первом месте.

Однако на сегодняшний момент электромотоцикл имеет лишь один недостаток, это ограниченность запаса хода на одном заряде аккумулятора. Но уже известны новые разработки аккумуляторов, например: Графен-полимерный аккумулятор имеет не только такие достоинства, как зарядка за 8 минут и автономная езда до 1000 км, но и весит в 2 раза меньше литий - ионных батарей.





В настоящее время Российская промышленность не выпускает электромотоциклы даже мелкосерийно.

Проведенный обзор научно-технических информационных источников дал возможность выявить серийные аналоги, выпускаемые за рубежом. Поэтому для обзора использованы страны производители: Германия, США, Беларусия и Япония. Техничко-экономические показатели моделей, которых приведены в таблице 1.1.

Анализ, приведенных в таблице 1.1 технико-экономических характеристик приведенных моделей показал, что нецелесообразно полностью какую либо модель принять за базовую. Однако по интересующим электронным компонентам можно принять модели электромотоциклов «ElmotoTE2 Tiefeinsteiger».

Кроме того можно рассмотреть параметры Белорусского аналога, но вдвое уменьшенная мощность двигателя не позволила бы добиться хороших динамических свойств, необходимых для участия в соревнованиях «Smartmotochallenge Moscow».

Предметом проектирования является электромотоцикл с углубленной разработкой рамы.

Изм.		Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика электромотоциклов по основным параметрам [30]				
Лист						
№ докум. №						
Подпись						
Дата						
ДП-190109.65 459314.000 ПЗ			Elmoto TE2 Tiefeinsteiger (Германия)	Bolt M-1 (США)	Minsk Upa-Upa800 (Беларусия)	Honda EV-neo (Япония)
		Изображения				
		Максимальная скорость	45 км/ч	56 км/ч	45 км/ч	34 км/ч
		Масса скутера	53 кг	64 кг	55 кг	106 кг
		Допустимая масса скутера	195 кг	140 кг	100 кг	211 кг
		Тип двигателя	Бесщеточный,мотор-колесо	Бесщеточный,мотор-колесо	Бесщеточный,мотор-колесо	Бесщеточный,мотор-колесо
		Мощность двигателя	1,7кВт (макс 2 кВт)	1кВт(эконом)5,5кВт (спорт)	0,8кВт	2,7кВт
		Батарея	Li-ion (48V/31,5Ач)	LiFePO <sub>4</sub> (36V/50Ач)	Li-ion (48V/20Ач)	Li-ion (72V/12,6Ач)
		Пробег без подзарядки	65км	80км (эконом);56км (спорт)	50км	30км
		Время полной зарядки	6ч	5ч	6ч	2ч
		Тормоза				
		Передний	дисковый	дисковый	барабанные	барабанный
		Задний	дисковый	Ленточного типа	Ленточного типа	барабанный
		Подвеска				
		Передняя	Телескопическая вилка	Телескопическая вилка	Телескопическая вилка	Телескопическая вилка
		Задняя	Маятн. с 2 амортизаторами	Маятн. с 2 амортизаторами	Маятн. с 2 амортизаторами	Маятн. с 2 амортизаторами
		Шины	24x2,4	17x3	13x3	12x4
		Рама	одинарная	хребтовая	дуплексная	одинарная
		Цена	306 т.р.	335 т.р.	105т.р.	306 т.р.
		10	Лист			



## 1.1 Обзор существующих рамных конструкций

В таблице 1.2 приведен обзор аналогов несущих систем существующих моделей мотоциклов.

Из приведенных видов рамных конструкций наибольший интерес представляет, пространственная двойная рама, так как её отличает простота изготовления, не требующего дорогостоящего оборудования, небольшая масса и низкая цена за счет использования отечественных материалов

На рисунке 1.1 представлена базовая модель двойной рамы.

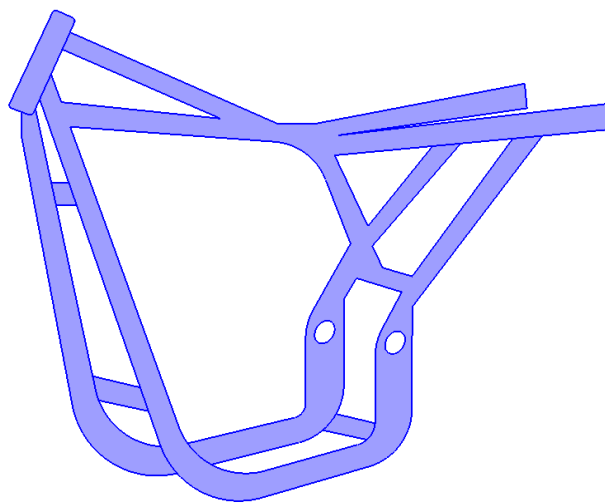


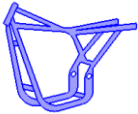
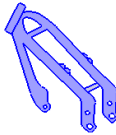

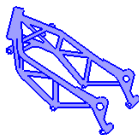
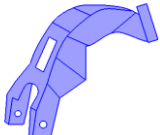
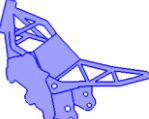


Рисунок 1.1 – Двойная пространственная рама мотоцикла.

Таблица 1.2 – Обзор существующих несущих систем

	Тип рамы							
	Одинарная	Открытая	Двойная	Диагональная	Хребтовая	Решетчатая	Штампованная	Несущий двигатель
Параметр								
Неизменное взаимное положение агрегатов и механизмов при движении	Значительно изменяется за счет недостаточной жесткости	Несколько изменяется за счет недостаточной жесткости	Изменяется, но конструкция позволяет амортизировать удары	Не изменяется, за счет высокой жесткости	Незначительно изменяется	Не изменяется, за счет очень высокой жесткости	Не изменяется, за счет высокой жесткости	Не изменяется, за счет высокой жесткости
Прочность и надежность при минимальной массе	Благодаря малому числу деталей, имеет минимальную массу	Часть нагрузок воспринимает картер двигателя, что снижает общий вес мотоцикла	За счет большего количества деталей, имеет несколько большую массу	Небольшая масса за счет применения алюминиевых сплавов и хорошая прочность	За счет восприятия двигателем части нагрузок имеет небольшую массу	Несколько большая масса по сравнению с диагональной, но увеличенная прочность	Незначительная масса за счет уменьшения толщины металла в купе с высокой прочностью	Нагрузки воспринимает двигатель, что значительно снижает общий вес мотоцикла
Технологичность при производстве и ремонте	Производство максимально упрощено по сравнению с представленными	За счет простоты конструкции является простой в производстве	Ремонт максимально упрощен, технология производства относительно проста	Более дорогое производство за счет применения алюминиевых сплавов	Невозможность восстановления после аварии	Сложная технология производства	Сложная технология ввиду сваривания штампованных элементов	Упрощенная технология за счет отсутствия рамы, сложный ремонт

Но в приведенной модели есть ряд недостатков такие как: недостаточная жесткость конструкции, положение верхней переключателя усложняет удобство пересадки в условиях соревнований, что снижает результат и неадаптированность рамы для применения на электромотоцикле для размещения аккумулятора и других основных узлов. Что требует доработки в этом направлении с использованием отечественных материалов и комплектующих изделий для снижения стоимости.

На рисунке 1.2 показана модель рамы электромотоцикла, выполненная при помощи программного обеспечения Solid Works [1]



Рисунок 1.2 – Проектируемая модель рамы.

Такая конструкция позволяет наиболее лучшим образом разместить электрокомпоненты мотоцикла с точки зрения эргономики и распределения массы. Кроме того появится возможность оснастить электромотоцикл аккумулятором большей емкости, что увеличит автономный запас хода. Имея для этого хороший запас прочности за счет материала и более совершенной конструкции рамы.

Проектируемая рама будет изготовлена из стальной холоднодеформированной бесшовной трубы по ГОСТ 8734-75 с маркой стали 20.

Сталь. Самый дешевый материал для рам. Обладает отличной жесткостью, но и большим весом. Также сталь подвержена коррозии.

Поэтому первоочередной задачей модернизации рамы мотоцикла является уменьшение массы без потери жесткости и прочности. Что в свою очередь связано с использованием композитных материалов и сложной технологии изготовления. Или применение алюминиевых и других легких сплавов что существенно сказывается на стоимости производства.

В таблице 1.3 приведены сравнительные характеристики средних значений наиболее распространенных материалов для изготовления рамных конструкций.[9]

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Таблица 1.3 – Сравнительная характеристика материалов рамных конструкций

Материал	Алюминий	Сталь	Титан	Карбон
Плотность	2,7 г/см <sup>3</sup>	7,8 г/см <sup>3</sup>	4,5 г/см <sup>3</sup>	2 г/см <sup>3</sup>
Модуль упругости	75 ГПа	210 ГПа	120 ГПа	700 ГПа
Предел прочности	60 МПа	300 МПа	800 МПа	1500 МПа
Предел текучести	20 МПа	250 МПа	300 МПа	-
Удельная стоимость	420 руб./кг	40 руб./кг	1750 руб./кг	5000 руб./кг
Масса проектируемой рамы	5,4 кг	13,2 кг	8,47 кг	3,5 кг

На рисунке 1.3 представлена диаграмма стоимости для проектируемой рамы из труб рассмотренных материалов, без затрат на изготовление.

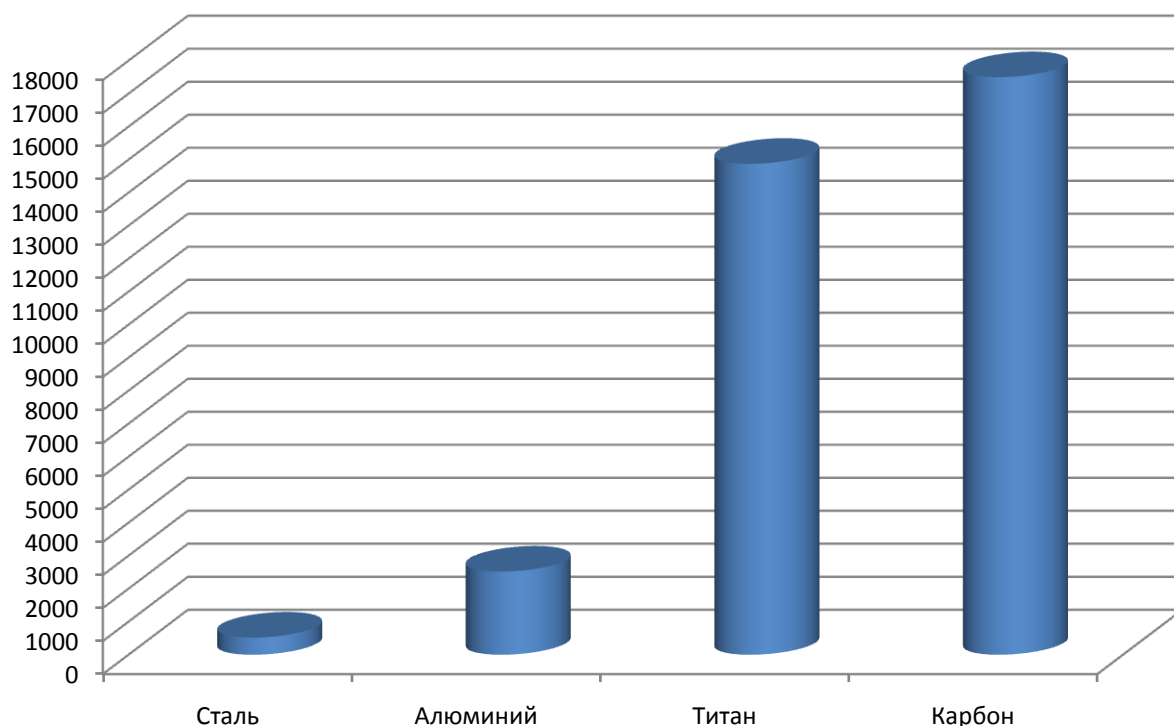


Рисунок 1.3 – Стоимость материалов для изготовления проектируемой рамы, руб.

Из вышесказанного следует, что у каждого материала есть свои сильные и слабые стороны. Однако, для мотоциклетной специфики нельзя выделить какое то одно определяющее свойство материала.

Например, при лучших прочностных/весовых характеристиках, карбон очень

хрупкий и боится ударов и царапин. Алюминий легкий, но пластичный и с низкими прочностными свойствами. Титан прочный и упругий, но сравнительно тяжелый. Сталь упругая, имеет хороший предел текучести и малую стоимость.

## 1.2 Сравнение стоимости владения электромотоцикла с бензиновым аналогом

Как было отмечено ранее ниже приведен ориентировочный расчет стоимости владения электромотоцикла по сравнению с мотоциклом такой же категории, но имеющим ДВС (мопед):

Стоимость владения электромотоцикла пренебрежимо мала – электричество (на 100 км менее 10 рублей) и расходные материалы: колодки, тормозные диски и резина. Батарея рассчитана на более чем 1500 циклов заряд-разряда – это более 100 000 км. А ещё он чистый и компактный (входит в обычный лифт) – что экономит средства на стоянку.

Для сравнения с бензиновым аналогом был выбран мопед Suzuki lets 2

Техническая характеристика представлена в таблице 1.4

Таблица 1.4-Техническая характеристика мопеда Suzuki lets 2 [28]

Модель	LET`s II
Год начала выпуска	1996
Длина	1670 мм
Высота	985 мм
База	1140 мм
Объем двигателя	49 см <sup>3</sup>
Диаметр и ход поршня	41,0 x 37,4 мм.
Тактность двигателя	двухтактный, одноцилиндровый
Тип охлаждения	принудительное, воздушное
Максимальная мощность	6.8 л.с. при 7000 об. мин.
Крутящий момент	0.73 кГм при 6500 об. мин.
Объем бензобака	4 л
Объем маслобака	0,8 л
Расход топлива	1,8 л./100 км. (при 30 км. ч.)
Тип трансмиссии	вариаторная КП
Тип тормозов	все барабанные
Масса	66 кг
Размер переднего колеса	3,00-10
Размер заднего колеса	3,00-10

Для уменьшения погрешности выводов об экономичности мотоциклов с разными типами двигателей были проведены наблюдения за поломками мопеда Suzuki LET`s II на протяжении 20 тыс. км. Итак, промежуточные данные (характеристики потребления приведены к 20000 км пробега) в таблице 1.5.

Таблица 1.5-Характеристика потребления бензинового мопеда Suzuki lets 2 [28]

НАИМЕНОВАНИЕ	минимум	максимум	средняя сумма в рублях
Бензин 92-95:	300л	500л	15000
Масло моторное	15л	18л	9000
Масло трансмиссионное	0,15л	0,2л	90
Ремень	2	6	1400
Свеча	5	10	1000
Ведущий шкив вариатора	2	3	1100
Ведомый шкив вариатора(колодки сцепления)	1	2	1150
Ремкомплект карбюратора	1	2	150
Чистка воздушного фильтра	10	20	220
Замена колец в двигателе	2	5	1600
Замена поршня двигателя	1	2	310
Замена цилиндро-поршневой группы	1	2	1500
Замена коленвала	1	1	1200
Замена клапанов или головки в сборе	1	2	1900
Полис Осаго	2	3	3600

Итого, около 39220 р

Если учитывать остальные расходные материалы, такие как покрышки, камеры, лампочки, тросы, то нужно добавить еще около 300-400 рублей на каждую 1 тыс. км

Теперь все вместе с бензином и другими расходными материалами на 1 тыс. км.:

$(39220/20)+400=2361$  руб.

Тоже для электромотоцикла:

Средний пробег одном заряде АКБ электромотоцикла 65 км. Чтобы полностью зарядить батарею необходимо в среднем 3 часа. Потребляемая мощность зарядного устройства 0,25 кВт. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии в г. Красноярск 2,08р. Значит:

$3 \cdot 0,25 \cdot 2,08 = 1,56$  руб. на 65 км пробега. Или:

$1,56 \cdot 1000 / 65 = 24$  руб. на 1000 км пробега.

Итого  $24 + 300 = 324$ р.

Выше изложенное показывает значительную разницу стоимости владения электромотоцикла и мопеда с ДВС. А учитывая что мелкосерийный выпуск не осуществляется и есть только отдельные единичные разработки. Что и показывает актуальность разработки темы дипломного проекта с характеристиками,

позволяющими снизить стоимость за счет использования отечественных материалов.

## 2 Конструкторский раздел

### 2.1 Требования к конструкции несущей системы

Рама мотоцикла служит основой, к которой крепятся основные агрегаты, узлы и детали: двигатель, трансмиссия, подвески с колесами, сиденье, облицовки, боковой прицеп. В передней части рамы расположена рулевая колонка, посредством которой рама соединяется с передним колесом и его подвеской. К нижней части рамы крепятся подножки для водителя и пассажира, центральная подставка и боковой упор. Сзади с рамой стыкуется качающаяся вилка (маятник) с задним колесом и подвеской.

Рама мотоцикла работает в тяжелых условиях и при больших нагрузках. Она подвергается изгибу и кручению. Работоспособность несущей системы определяется ее прочностью и жесткостью под действием динамических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации. Специальные требования, в соответствии с которыми рама должна обеспечивать:

- долговечность, соответствующую сроку службы мотоцикла;
- жесткость исключаящую нарушение управляемости и условий работы агрегатов и механизмов в любых условиях эксплуатации;
- удобство монтажа систем, агрегатов и механизмов, низкое положение центра тяжести, оптимальная посадочная высота, достаточный ход подвески и угол наклона передней вилки

Согласно техническому заданию конструкция рамы электромотоцикла должна соответствовать регламенту SMS\_reglament\_2015 (T2.2.7):

- Рама мотоцикла не должна иметь острых кромок, которые бы могли причинить вред;
- Рама может быть изготовлена из алюминия, но разрешено применять и альтернативные материалы. В этом случае необходимо предоставить дополнительные расчеты, подтверждающие безопасность данной конструкции.

### 2.2 Техническое задание на проектирование рамы электромотоцикла

- 1.Наименование – трубчатая двойная рама электромотоцикла;
- 2.Цель разработки–адаптация для применения на электромотоцикле при размещения аккумулятора и других основных узлов;
- 3.Область применения – электромотоцикл категории L1 для доставки пиццы в рамках соревнований «Smartmoto challenge»;
- 4.Основание для разработки – задание на дипломное проектирование;
- 5.Функциональное и эксплуатационное назначение;

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.Объект проектирования должен соответствовать требованиям регламента SMS\_reglament\_2015 (T2.2.7);

Требования и нормы, определяющие показатели качества:

Запас прочности на изгиб от 1...3

7.Наименование, число и назначение основных составных частей рамы электромотоцикла:

Основные составные части: головка рамы, верхние балки и нижние подкосы, подседельные стойки, кронштейны для крепления аккумуляторной батареи, кронштейны для крепления амортизаторов, кронштейны для крепления оси маятника.

8.Требование массы и габаритных размеров:

По сравнению с другими выпускаемыми рамными конструкциями масса проектируемой рамы должна быть минимальной.

9.Требования взаимозаменяемости составных частей – в раме проектируемого электромотоцикла должен применяться трубный прокат имеющихся в сортаменте по ГОСТ 8734-75

10. Основные параметры:

-угол установки головки рамы- 65°;

-полная масса электромотоцикла - 142 кг;

-ширина рамы – не менее 240 мм;

-масса не более 15 кг;

-устойчивость к коррозии;

11.Требования к долговечности–соответствующая сроку службы электромотоцикла.

12.Тип производства – единичное.

13.Требования по обеспечению безопасности – Объект проектирования должен соответствовать требованию SMS\_reglament\_2015 (T2.2.7).

14.Требования технической эстетики и эргономики.

Проектируемая конструкция должна отвечать требованиям технической эстетики, а именно обладать композиционной целостностью, информативностью.

15.Требования к транспортированию и хранению.

Конструкция разрабатываемой рамы должна обеспечивать ее транспортировку без ограничения дальности и времени транспортирования. Консервация рамы производится в соответствии с требованиями стандартов «Единой системы защиты от коррозии и старения». Консервация и расконсервация не должна требовать её разборки или демонтажа, а также нарушать её целостность.

16.Требования к климатическим условиям эксплуатации.

Рама электромотоцикла может эксплуатироваться при температуре от +15 до +45°С.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 2.3 Проектирование рабочего места водителя

В процессе передвижения на мотоцикле водитель затрачивает энергию на приведение в действие органов управления, удерживание равновесия и сохранение выбранного направления движения, а так же на напряженное наблюдение за имеющейся дорожной обстановкой, на компенсацию воздействия ускорений при колебаниях, на преодоление влияния окружающей среды и т.п.

Утомление водителя в большой степени зависит от организации рабочего места, т.е. конструкции и правильного взаимного расположения седла, подножек, органов управления, приборов и других устройств, обеспечивающих

эффективность управления, удобство и безопасность езды. Техническое решение поставленной задачи, прежде всего, должно обеспечить водителю на мотоцикле правильную рабочую позу.

На рисунке 2.1 показаны основные антропометрические размеры водителя для выбора его рабочей позы:  $h$  определяет положение тазобедренного сустава и является условно принятой точкой в зоне максимального давления на жесткое сидение. Поза на рабочем месте фиксируется размерами между определенными точками тела и элементами рабочего места.

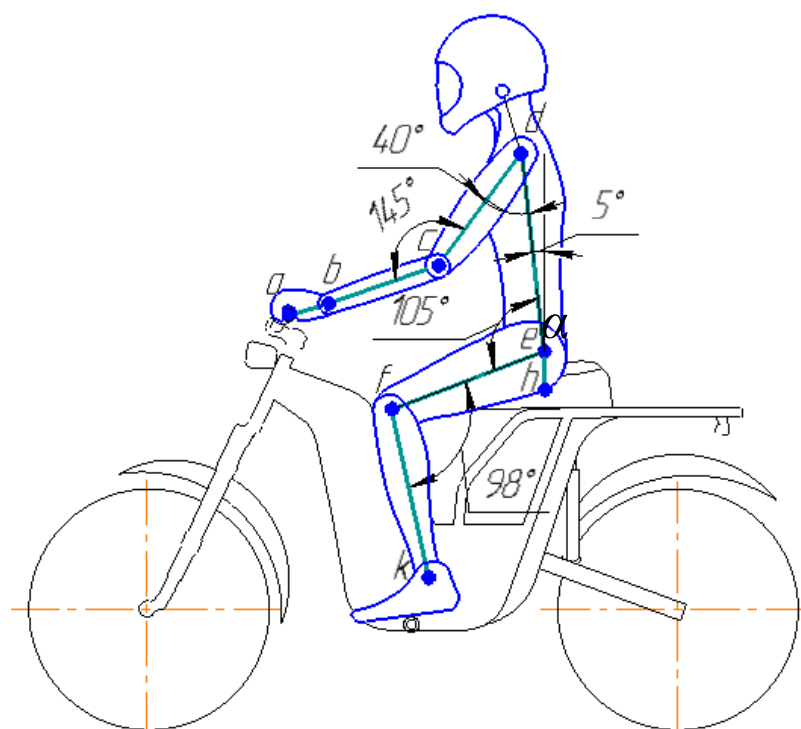


Рисунок 2.1 – Рабочая поза водителя электромотоцикла.

Далее в таблице 2.1 представлены величины, руководствуясь которыми размеры конструкции в зонах контакта человека с машиной будут назначены в пределах, близких к оптимальным, улучшая общую комфортабельность мотоцикла и процесс управления им.

Таблица 2.1 – оптимальные суставные углы водителя мотоцикла

Суставные угловые параметры	Пределы оптимальных значений
$\alpha$	3-5°
edc	35-40°
dcb	138-145°
def	105-110°
efk	78-82°

В таблице 2.2 приведены антропометрические данные из отечественных и зарубежных источников

Таблица – 2.2 антропометрические данные в зависимости от роста

Рост (мужчины)	ab	bc	cd	de	ef	fk	km	mn	mp	. eh
По данным Виснера [8]										
Низкий	70	210	240	400	400	360	95	140	40	85
Средний	80	230	270	435	445	385	105	155	45	95
Высокий	90	250	300	475	490	410	115	170	50	105
По данным Научно-исследовательского института антропологии МГУ им. М. В. Ломоносова										
Низкий	68	230	270	345	410	365	95	—	—	—
Средний	73	250	290	390	450	390	100	—	—	—
Высокий	78	270	310	430	465	410	100	—	—	—

По таблице 2.2 видно, что антропометрические данные в зависимости от роста человека колеблются в довольно широких пределах. Пользуясь этими данными, конструктор принимает компромиссное решение в меру своей квалификации, и поэтому посадочные параметры на создаваемом мотоцикле могут быть более или менее совершенными. С другой стороны, электромотоциклом, выполненным согласно регламента соревнований, будет управлять, мотогощик, человек с индивидуальными физическими качествами, не полностью совпадающими со средними посадочными параметрами нового мотоцикла.

Эскизная разработка будущего электромотоцикла дает достаточно полное представление о его конструкции для дальнейшего проектирования.

## 2.4 Определение координат центра масс и опорных реакций, действующих на электромотоцикл [9,10,20]

### 2.4.1 Координаты центра масс электромотоцикла

Координаты центра масс мотоцикла представим в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Массив исходных данных для расчета координат центра масс

Параметры электромотоцикла	Обозначение	Размерность	Значение
Собственная снаряженная масса,	$m_o$	кг	55
В т.ч. на переднюю ось,	$m_{o1}$	кг	20
В т.ч. на заднюю ось,	$m_{o2}$	кг	35
Число посадочных мест,	$Z_{\Pi}$	-	1
Масса пассажира,	$m_n$	кг	75
Масса груза	$m_{\Sigma}$	кг	12
Полная масса,	$m_a$	кг	140
Статистический радиус колеса,	$r_k$	мм	280
База мотоцикла,	$L$	мм	1300
Координаты Ц.М. первого ряда $m_{n1}$ :	$x_1$	мм	900
	$h_1$	мм	955
Координаты Ц.М. груза $m_{\Sigma}$ :	$x_1$	мм	1300
	$h_1$	мм	885

Определим координаты центра масс порожнего мотоцикла следующим образом:

1) Ординату  $h_0$  в первом приближении принимаем равной:

$$h_0 = 1,5 \cdot r_k \quad (2.1)$$

где  $h_0$  – ордината центра масс порожнего мотоцикла, м;

$r_k$  – радиус колеса мотоцикла, м.

$$h_0 = 1,5 \cdot 0,28 = 0,42 \text{ м};$$

2) Абсциссу порожнего мотоцикла  $x_0$  определяю из уравнения моментов:

$$R_{z2} \cdot L - G \cdot x_0 = 0; \quad (2.2)$$

$$x_0 = m_{02} \cdot L \cdot g / G \cdot g;$$

$$x_0 = m_{02} \cdot L / m_0;$$

$$x_0 = 35 \cdot 1300 / 55 = 827 \text{ мм};$$

$$\text{где } m_{02} = m_0 - m_{01}$$

$m_{02}$  - масса, приходящаяся на заднюю ось порожнего мотоцикла, кг;

$L$  – база мотоцикла, мм;

$m_0$  – масса порожнего мотоцикла, кг;

$x_0$  - абсцисса порожнего мотоцикла, мм;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Определим координаты центра масс груженого мотоцикла.

Массу одного пассажира:

$$m_{1п} = m_{п} / Z_{п}; \quad (2.3)$$

$$m_{1п} = 75 / 1 = 75;$$

где  $m_{п1}$  – масса человека, кг;

$m_{1п}$  – допустимая масса одного пассажира, кг;

$Z_{п1}$  – число посадочных мест.

Масса пассажиров, (число посадочных мест равно одному):

$$m_{п1} = 75 \cdot 1 = 75; \quad (2.4)$$

3) Абсциссу груженого мотоцикла  $x_a$  определяют из уравнения моментов:

$$(m_0 \cdot x_0 + m_{п1} \cdot x_1 + m_r \cdot x_r - m_a \cdot x_a) \cdot g = 0; \quad (2.5)$$

$$x_a = \frac{m_0 \cdot x_0 + m_{п1} \cdot x_1 + m_r \cdot x_r}{m_0 + m_{п1} + m_r};$$

$$x_a = \frac{55 \cdot 827 + 75 \cdot 850 + 12 \cdot 1300}{55 + 75 + 12} = 879 \text{ мм};$$

4) Ордината груженого мотоцикла  $h_a$  также определяют из уравнения моментов:

$$(m_0 \cdot h_0 + m_{п1} \cdot h_1 + m_r \cdot h_r - m_a \cdot h_a) \cdot g = 0; \quad (2.6)$$

$$h_a = \frac{m_{п1} \cdot h_1 + m_0 \cdot h_0 + m_r \cdot h_r}{m_{п1} + m_0 + m_r};$$

$$h_a = \frac{75 \cdot 990 + 55 \cdot 420 + 12 \cdot 885}{75 + 55 + 12} = 760 \text{ мм};$$

Полученные результаты заносим в таблицу 4 и представляем на рисунке 3.

Далее определим нормальные реакции дороги, действующие на мотоцикл.

Реакции, действующие на порожний мотоцикл равны:

На переднюю ось:

$$R_{z1} = m_{01} \cdot g; \quad (2.7)$$

где  $R_{z1}$  – нормальная реакция, действующая на переднюю ось порожнего мотоцикла, Н;

$m_{01}$  – масса приходящаяся на переднюю ось порожнего мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ .

$$R_{z1} = 20 \cdot 9,8 = 196 \text{ Н};$$

На заднюю ось:

$$R_{z2} = m_{02} \cdot g; \quad (2.8)$$

где  $R_{z2}$ —нормальная реакция, действующая на заднюю ось порожнего мотоцикла ,Н;

$m_{02}$  – масса приходящаяся на заднюю ось порожнего мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ .

$$R_{z2} = 35 \cdot 9,8 = 343 \text{ Н};$$

2) Определим нормальные реакции дороги, действующие на груженный мотоцикл.

На переднюю ось:

$$R_{z1} = m_{a1} \cdot g; \quad (2.9)$$

где  $R_{z1}$  – нормальная реакция, действующая на переднюю ось груженого мотоцикла, Н;

$m_{a1}$  – масса приходящаяся на переднюю ось груженого мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ .

$$R_{z1} = 46 \cdot 9,8 = 451 \text{ Н};$$

На заднюю ось:

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_{z2} = m_{a2} \cdot g; \quad (2.10)$$

где  $R_{z2}$  – нормальная реакции, действующие на заднюю ось груженого мотоцикла, Н;

$m_{a2}$  – масса приходящаяся на заднюю ось груженого мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

$$R_{z2} = 94 \cdot 9,8 = 922 \text{ Н};$$

Фактические значения нормальных реакций, действующих на груженный мотоцикл определены из уравнения моментов.

В частности:

$$\sum M_{(1)} = 0;$$

В развернутом виде:

$$R_{z2} = m_a \cdot x_a / L; \quad (2.11)$$

$$R_{z2} = 142 \cdot 879 / 1300;$$

$$R_{z2} = 96 \text{ кг} = 942 \text{ Н};$$

Аналогично из уравнения моментов  $\sum M_{(2)} = 0$ , определяем:

$$-R_{z1} + G \cdot (L - x_a) = 0; \quad (2.12)$$

$$R_{z1} \cdot L = G \cdot (L - x_a);$$

$$R_{z1} = m_a \cdot (L - x_a) / L;$$

$$R_{z1} = 142 \cdot (1300 - 879) / 1300;$$

$$R_{z1} = 46 \text{ кг} = 451 \text{ Н};$$

Общая нормальная реакция определяется по формуле:

$$R_{\text{общ}} = R_{z1} + R_{z2}; \quad (2.13)$$

$$R_{\text{общ}} = 942 + 451 = 1393 \text{ Н};$$

$$R_{\text{общ}} = 1393 / 9.81 = 141,99 \text{ кг}.$$

Полученные результаты занесем в таблицу 2.4

Таблица 2.4 - Блок производных исходных данных

Показатель	Обозначение	Размерность	Значение
Координаты центра масс порожнего мотоцикла,			
	$x_o$	мм	827
	$h_o$	мм	420
Координаты центра масс водителя,			
	$x_l$	мм	850
	$h_l$	мм	990
Координаты центра масс груза,			
	$x_l$	мм	1300
	$h_l$	мм	880
Координаты центра масс груженого ТС	$x_a$	мм	873
	$h_a$	мм	758
Нормальные реакции дороги, действующие на:			
колесо передней оси ТС,	$R_{z1}$	Н	451
колесо задней оси ТС,	$R_{z2}$	Н	942
Лобовая площадь ТС,	$F_a$	м <sup>2</sup>	0,6

Результаты определения координат центра масс представим на рисунке 2.2.

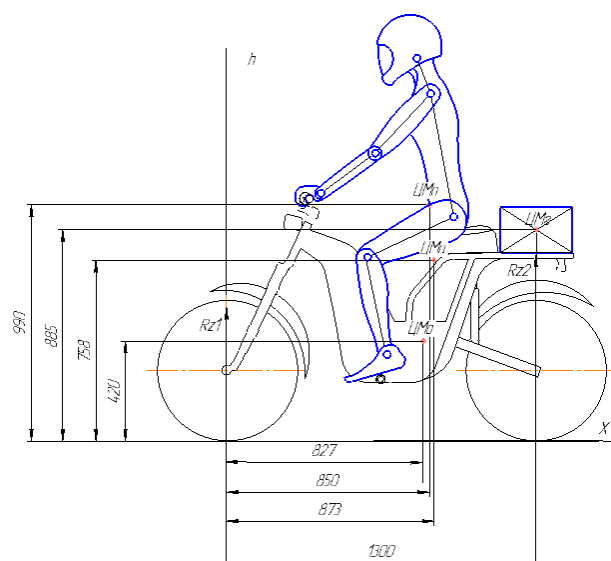


Рисунок 2.2-определение координат центра масс электромотоцикла.

## 2.5 Расчет эксплуатационных свойств (тормозные свойства)

В данном разделе будут оценены тормозные свойства электромотоцикла посредством расчета замедления, скоростной характеристики «Торможение мотоцикла» и расчета остановочного пути.

Массив исходных данных формируем, используя данные из таблиц 1.1; 1.2; 2.1 и рисунка 2.2.

Рассчитаем коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta = 1 + (z_k \cdot J_k / (m_a \cdot r_k^2)) \quad (2.14)$$

где  $\delta$  – коэффициент учета вращающихся масс;

$z_k$  – число вращающихся колес;

$J_k$  – момент инерции колеса, кг\*м<sup>2</sup>;

$m_a$  – полная масса, кг;

$r_k$  – статический радиус колеса, м.

$$\delta = 1 + (2 \cdot 0,329 / (142 \cdot 0,28^2)) = 1,059$$

Далее в таблице 2.5 представим массив дополнительных исходных данных для расчета тормозных свойств.

Таблица 2.5 – Массив исходных данных для расчета показателей тормозных свойств

Параметр	Обозначение	Значение	Размерность
Полная масса	$m_a$	142	кг
в том числе на переднюю ось	$m_1$	46	кг
в том числе на заднюю ось	$m_2$	96	кг
Статический радиус колеса	$r_k$	0,28	м
Момент инерции колеса	$J_k$	0,329	кг · м <sup>2</sup>
Число вращающихся колес	$Z_k$	2	шт.
Коэффициент учета вращающихся масс	$\delta$	1,059	-
Лобовая площадь	$F$	0,6	м <sup>2</sup>
Коэффициент лобового сопротивления	$C_x$	1,2	-
Плотность воздуха	$\rho$	1,205	кг/м <sup>3</sup>
Максимальная скорость, м/с	$V_{max}$	15,28	м/с



### 2.5.1 Расчет тормозного пути

Представлен алгоритм, и численные примеры для расчета времени и пути торможения.

Определим начальную скорость торможения  $V_n$  как разность максимально возможной скорости движения мотоцикла на горизонтальном участке дороги (таблица 2.2) и снижения скорости  $\Delta V_n$  за время нарастания тормозных сил  $t_n$ .

$$V_n = V_{\max} - \Delta V_n \quad (2.15)$$

где  $V_n$  – начальная скорость торможения, м/с;

$V_{\max}$  – максимально возможная скорость движения мотоцикла на горизонтальном участке дороги, м/с;

$\Delta V_n$  – снижение скорости  $\Delta V_n$  за время нарастания тормозных сил  $t_n$ .

Для того чтобы вычислить начальную скорость необходимо сначала определить снижение скорости  $\Delta V_n$  за время нарастания тормозных сил  $t_n$ :

$$\Delta V_n = 0,5 \cdot j_T \cdot t_n \quad (2.16)$$

где  $\Delta V_n$  – снижение скорости за время нарастания тормозных сил  $t_n$ , м/с;

$j_T$  – замедление при торможении, м/с<sup>2</sup>;

$t_n$  – время нарастания тормозных сил (составляет 0,2 - 0,25 с. для гидравлического привода).

Замедление при торможении равно:

$$j_T = (g \cdot (m_{\text{тор}} \cdot \cos \alpha \cdot \varphi + m_a \cdot \sin \alpha) + P_B) / (m_a \cdot \delta) \quad (2.17)$$

где  $m_a$  – фактическая масса, кг;

$P_B$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$m_{\text{тор}}$  – масса, приходящаяся на заторможенные колеса, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha$  – угол продольного наклона дороги ( $\alpha = 0^\circ$ );

$\varphi$  – коэффициент сцепления.

$$\begin{aligned} j_T &= (9,81 \cdot (142 \cdot \cos 0 \cdot 0,8 + 142 \cdot \sin 0) + 90,96) / (142 \cdot 1,059) \\ &= 8,01 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

Отсюда снижение скорости  $\Delta V_n$  за время нарастания тормозных сил  $t_n$  (возьмем примерное значение, равное 0,2) равно:

$$\Delta V_n = 0,5 \cdot 8 \cdot 0,2 = 0,8$$

Определим начальную скорость:

$$V_n = 15,28 - 0,8 = 14,48 \text{ м/с}^2$$

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зададим число интервалов варьирования скорости  $n=7$ ;  
Определим ширину интервала:

$$\Delta V = 14,48 / 7 = 2,07 \text{ м/с};$$

Определим скорость в начале интервала в м/с:

$$V_1 = V_n$$

$$V_1 = 14,48 \text{ м/с};$$

$$V_2 = V_n - \Delta V = 14,48 - 2,07 = 12,41 \text{ и т.д.}$$

Определим скорость в начале интервала в км/ч:

$$V_1 = 14,48 \cdot 3,6 = 52,1 \text{ км/ч};$$

Силу сопротивления воздуха  $P_B$ :

$$P_B = C_x \cdot \rho \cdot F_a \cdot V_a^2 / 2 \quad (2.18)$$

где  $P_B$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;

$\rho$  – плотность воздуха (при температуре воздуха  $t_B=20^\circ$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$F_a$  – лобовая площадь мотоцикла с водителем, м<sup>2</sup>;

$V_a$  – скорость, м/с.

$$P_B = 1,2 \cdot 1,205 \cdot 0,6 \cdot 14,48^2 / 2 = 90,96 \text{ Н};$$

Определим среднее замедление при торможения на горизонте:

$$J_{cp1} = 0,5 \cdot (J_1 + J_2) \quad (2.19)$$

где  $J_{cp1}$  – среднее замедление в интервале, м/с<sup>2</sup>;

$J_1$  – значение замедление в начале интервала, м/с<sup>2</sup>;

$J_2$  – значение замедление в конце интервала, м/с<sup>2</sup>.

$$J_{cp1} = 7,93 \text{ м/с}^2;$$

Определим среднее скорости при торможения на горизонте:

$$V_{cp1} = 0,5 \cdot (V_1 + V_2) \quad (2.20)$$

где  $V_{cp1}$  – средняя скорость в интервале, м/с;

$V_1$  – значение скорости в начале интервала, м/с;

$V_2$  – значение скорости в конце интервала, м/с.

$$V_{cp1} = 13,45 \text{ м/с};$$

Определим время торможения в каждом интервале:

$$\Delta t = \Delta V / J_{cp} \quad (2.21)$$

где  $\Delta t$  – время торможения в интервале, с;

$\Delta V$  – ширина интервала, м/с;

$J_{cp1}$  – среднее замедление в интервале, м/с<sup>2</sup>.

$$\Delta t = 2,07 / 7,93 = 0,26 \text{ с};$$

Определим путь торможения в интервале:

$$\Delta S = V_{cp1} \cdot \Delta t_i \quad (2.22)$$

где  $\Delta S$  – путь торможения в интервале, м;

$V_{cp1}$  – средняя скорость в интервале, м/с;

$\Delta t$  – время торможения в интервале, с.

$$\Delta S = 13,45 \cdot 0,26 = 3,51 \text{ м};$$

Определим путь торможения:

$$S_{T1} = 0; S_{T2} = \Delta S_1 = 3,51 \text{ м};$$

Определим время торможения:

$$t_T = \Sigma \Delta t_i \quad (2.23)$$

где  $t_T$  – время торможения, с;

$\Delta t_i$  – время торможения в интервале, с;

$$t_T = 0,26 + 0,27 + 0,27 + 0,27 + 0,28 + 0,28 + 0,28 = 1,9 \text{ с};$$

Определим тормозной путь:

$$S_T = \Sigma \Delta S_i \quad (2.24)$$

где  $S_T$  – тормозной путь, м;

Таблица 2.6 Результаты расчета тормозного пути

Число интервалов	n	7,00							
Ширина интервала, м/с	$\Delta V$	2,07							
Скорость в начале интервала, м/с	Va	14,48	12,41	10,34	8,27	6,21	4,14	2,07	0,00
Число интервалов	n	7,00							
Скорость в начале интервала, км/ч	Va	52,13	44,68	37,23	29,79	22,34	14,89	7,45	0,00
Сила сопротивления воздуха, Н	Pв	90,96	66,82	46,41	29,70	16,71	7,42	1,86	0,00
Замедление на горизонте, м/с <sup>2</sup>	Jзг	8,01	7,85	7,71	7,60	7,51	7,45	7,42	7,40

$\Delta S_i$  – тормозной путь в интервале, м.

$$S_T = 3,51 + 3,03 + 2,51 + 1,98 + 1,43 + 0,86 + 0,29 = 13,61 \text{ м};$$

Представим в таблице 2.7 результаты расчетов скоростной характеристики «Торможение мотоцикла» (с использованием коэффициента сцепления равным 0,8).

Таблица 2.7 – Результаты расчета тормозного пути на горизонтальном участке

Номер интервала		0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
Сред. Замедление в интервале	Jcp		7,93	7,78	7,66	7,56	7,48	7,43	7,41
Сред. скорость в интервале	Vcp		13,45	11,38	9,31	7,24	5,17	3,10	1,03
Время движения в интервале, с	$\Delta t$		0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
Путь движения в интервале, м	$\Delta S$		3,51	3,03	2,51	1,98	1,43	0,86	0,29
Путь (нарастающий итог), м	S <sub>T</sub>	0,00	3,51	6,53	9,05	11,03	12,46	13,32	13,61
Время торможения, с	t <sub>T</sub>	1,90							
Тормозной путь, м	S <sub>T</sub>	13,61							

Далее на рисунке 2.3 представлен график зависимости замедления от скорости движения мотоцикла

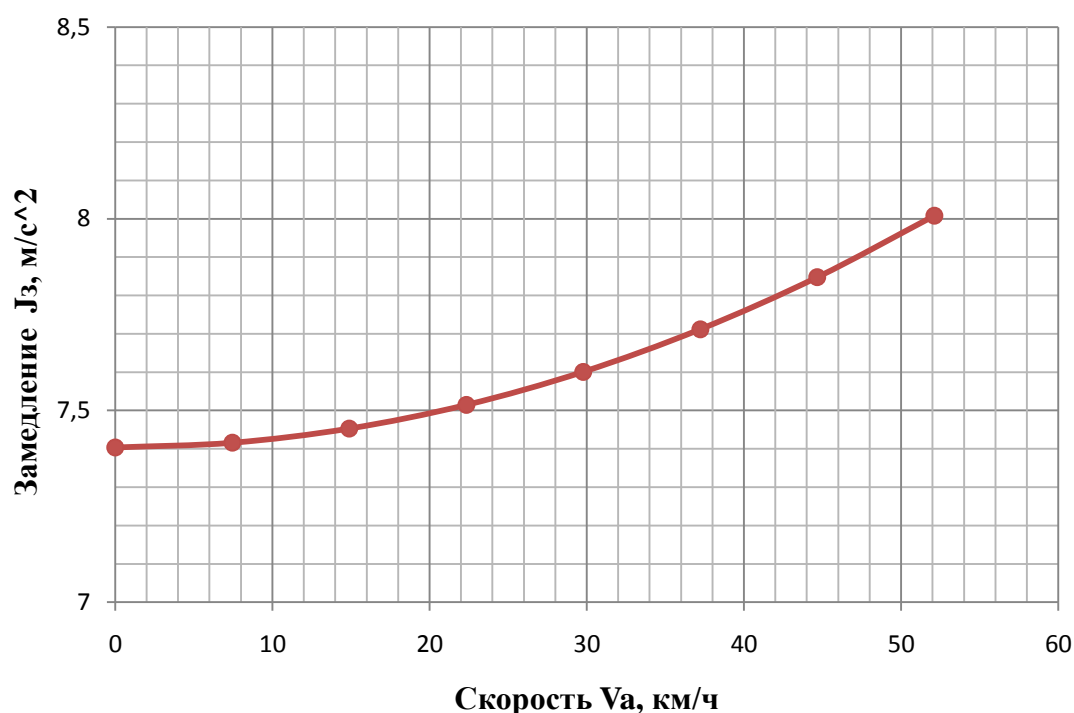


Рисунок 2.3 – Зависимость замедления от скорости движения мотоцикла на горизонтальном участке дороги.

Далее на рисунке 2.4 представлены графики скоростной характеристики «Торможение мотоцикла»

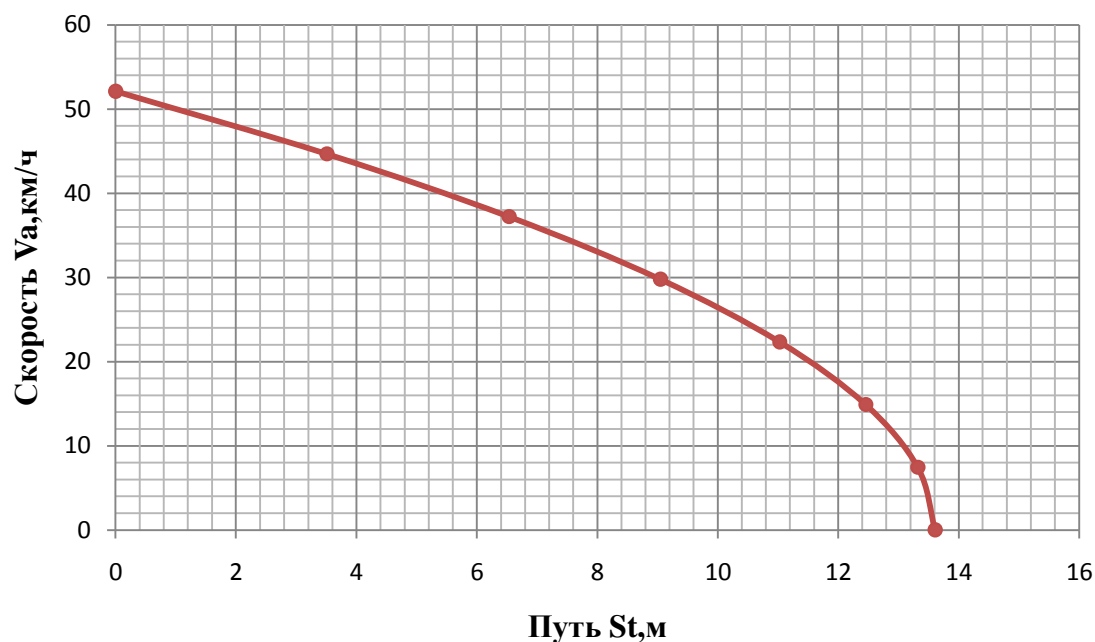


Рисунок 2.4 – Скоростная характеристика тормозного режима движения на горизонтальной участке дороги.

## 2.5.2 Приближенный расчет показателей тормозных свойств

В данном разделе изложим алгоритм, численные примеры, результаты приближенного расчета (т. е. без учета силы сопротивления воздуха и вращающихся масс) и анализа замедления, тормозного и остановочного пути.

Представим численные примеры приближенного расчета тормозного пути при коэффициенте сцепления  $\varphi = 0,8$ :

Начальная скорость равна 14,48 м/с;

Коэффициент сцепления равен 0,8;

Угол продольного наклона дороги равен 0 град.;

Замедление равно:

$$J_3 = g \cdot \varphi \cdot (m_{\text{тор}} / m_a) \quad (2.25)$$

где  $J_3$  – замедление, м/с<sup>2</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\varphi$  – коэффициент сцепления;

$m_{\text{тор}}$  – масса приходящаяся на заторможенные колеса, кг;

$m$  – масса груженого электромотоцикла, кг.

$$J_3 = 9,81 \cdot 0,8 \cdot (142/142) = 7,85 \text{ м/с}^2;$$

Тормозной путь равен:

$$S_T = V_H^2 / (2 \cdot J_3) \quad (2.26)$$

где  $S_T$  – тормозной путь, м;

$V_H$  – начальная скорость торможения, м/с;

$J_3$  – замедление, м/с<sup>2</sup>.

$$S_T = 14,48^2 / (2 \cdot 7,85) = 13,61 \text{ м};$$

Представим в таблице 2.8 результаты приближенного расчета показателей тормозных свойств электромотоцикла.

Таблица 2.8 – Результаты расчета показателей тормозных свойств электромотоцикла

№ пп	$m_a$ , кг	$m_{\text{тор}}$ , кг	$V_H$ , м/с	$\varphi$	$\alpha$ , град	$J_3$ , м/с <sup>2</sup>	$S_T$ , м
1	142	142	14,48	0,8	0	7,85	13,61

### 2.5.3 Расчет остановочного пути

Остановочный путь на горизонтальном участке:

$$S_o = S_p + S_c + S_n + S_t \quad (2.27)$$

$$S_o = 12,2 + 2,29 + 2,98 + 13,61 = 31 \text{ м};$$

Представим результаты расчета остановочного пути электромотоцикла в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты расчета остановочного пути электромотоцикла

Заторможенные колеса	Дорожные условия			Результаты расчета
	$\varphi$	$i, \%$	$j, \text{м/с}^2$	$S_t, \text{м}$
Все колеса	0,8	0	7,85	13,61
Все колеса	0,5	0	4,90	21,39
Все колеса	0,2	0	1,96	53,49
Задней оси	0,8	0	5,3	19,78

Далее на рисунке 2.5 представлена графическая зависимость тормозного пути от коэффициента сцепления, при заданной начальной скорости торможения.

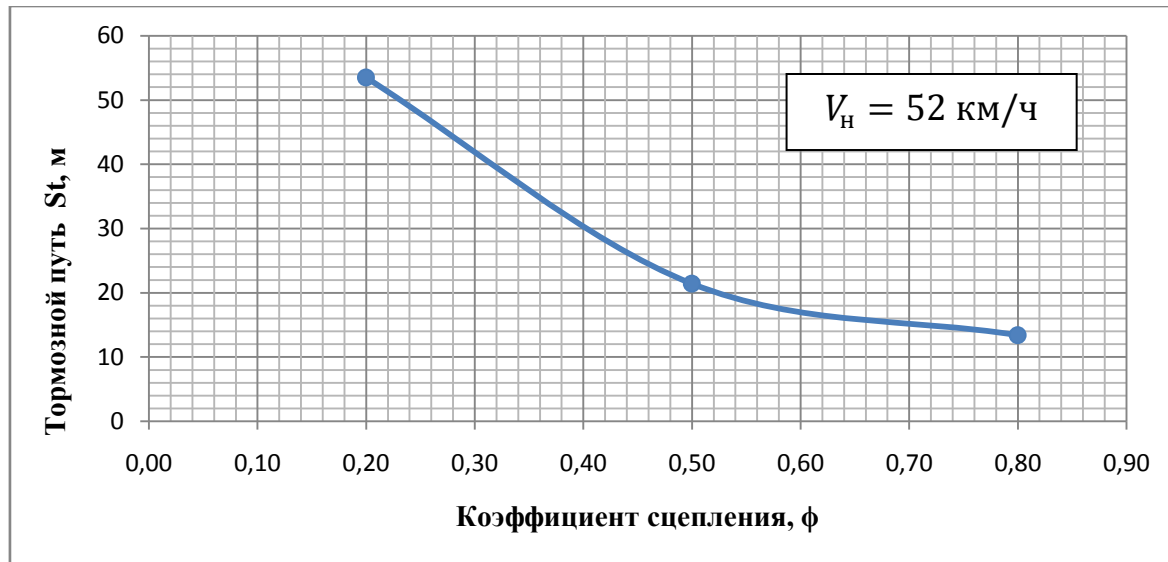


Рисунок 2.5 – Зависимость тормозного пути от коэффициента сцепления.

#### 2.5.4 Результаты анализа полученных результатов

Оценка доли тормозного пути в остановочном пути:

По результатам расчетов тормозных свойств, приведенных в таблице 2.8 следует, что доля тормозного пути ( $S_T=13,61$  м) в остановочном ( $S_0=31$  м) составляет 44%

2.Влияние тормозного пути от режима торможения (торможение передней и задней оси, и колесами задней оси)

По результатам тормозных свойств, приведенных в таблице 2.8.видно, что значение тормозного пути с учетом коэффициента сопротивления воздуха и всех заторможенных колесах на начальной скорости торможения 52 км/ч при коэффициенте сцепления  $\phi=0,8$  на горизонтальном участке дороги составляет  $S_T=13,61$  м. При отказе тормозов передней оси тормозной путь возрастает до  $S_T=19,78$  м.

Отсюда сделаем вывод, что количественное влияние отказа тормозов передней оси на длину тормозного пути составляет 45%.

4.Влияние тормозного пути от коэффициента сцепления

При движении на горизонтальной поверхности ( $i = 0$ ):

При  $\phi = 0,8$ , тормозной путь  $S_T = 13,61$  м

При  $\phi = 0,2$ , тормозной путь  $S_T = 53,49$  м

При движении по гололеду, тормозной путь увеличится в 4 раза

Вывод: полученное в ходе работы замедление и тормозной путь электромотоцикла, соответствует нормативным значениям ГОСТ Р 41.78-2001.

#### 2.6 Определение основных параметров тормозных механизмов

- Требование к конструкции:
- Постоянная защита пар трения тормоза от увлажнения и загрязнения;
- Хороший теплоотвод от поверхностей трения тормозов;
- Надежное закрепление на ступице;
- Отсутствие вибраций;
- Отсутствие подтекания рабочей жидкости, нарушение герметизации трубопроводов или соединений в гидравлическом поршне с цилиндром тормоза.
- Требование к техническим параметрам;
- Обеспечение установившегося полного замедления  $j_{уст}$  не менее  $4,4 \text{ м/с}^2$ ;
- Нагрев тормозного барабана или диска за одно торможение не должен превышать  $100^\circ\text{C}$ ;
- Допускаемое давление в гидроприводе  $[p_{ж}] = 3 \dots 5 \text{ МПа}$ ;
- Допускаемое усилие на ручной рычаг  $[P_p] \leq 200 \text{ Н}$ ;
- Зазор между колодками и тормозным диском должен быть в пределах  $0,05 \dots 0,015 \text{ мм}$ .



Требования к надежности:

Обеспечение хорошей устойчивости при торможении и незначительном снижении эффективности;

Скрип тормозов не должен иметь место при всех режимах торможения;

Следящее действие привода должно быть на всех режимах торможения оттормаживания;

Надежная работа при экстренном замедлении не менее  $4,4 \text{ м/с}^2$ .

Требования безопасности.

Требование безопасности установлены согласно техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств. Постановление правительства РФ от 10 сентября 2009 г. №720. Пункт 2. Требование к активной безопасности. Подпункт 2.1. Требование к тормозным системам.

Описание базовой конструкции.

Общие сведения.

Каждое транспортное средство категории L1 должно быть оборудовано двумя рабочими тормозными устройствами с независимыми органами управления и приводами, из которых одно передает тормозное усилие по меньшей мере на переднее колесо, а другое – на заднее колесо;

Оба рабочих тормозных устройства могут иметь один тормоз, если при этом неисправность одного тормозного устройства не влияет на характеристики и функционирования другого;

Стояночный тормоз не обязателен.

Тормозной механизм предназначен для создания тормозного момента, необходимого для замедления и остановки мотоцикла.

Современные мотоциклы категории L1 оборудуются тормозными механизмами различающимися в основном по форме поверхностей трения: барабанные, дисковые.

Фрикционный дисковый тормозной механизм предназначен для преобразования кинетической энергии мотоцикла в тепловую энергию с последующим рассеиванием её в окружающую среду.

## 2.6.1 Расчет заднего дискового тормозного механизма с гидравлическим приводом

Представим схему и параметры ТМ для проектного расчета (рисунок 2.6)

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

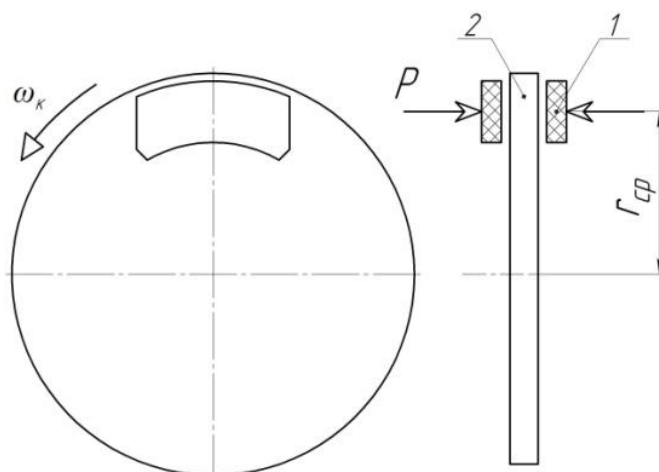


Рисунок 2.6 – расчетная схема заднего дискового тормозного механизма.

Параметры заднего дискового тормозного механизма:

диаметр поршня колесного цилиндра  $d_{\text{п}} = 0,021$  м;

число пар трения  $i=2$ ;

КПД колесного цилиндра  $\eta_{\text{п}} = 0,9$ ;

диаметр тормозного диска  $D = 0,18$  м;

масса тормозного диска  $m_{\text{д}} = 0,114$  кг;

коэффициент трения между накладкой и тормозным диском  $f_{\text{нак}}=0,4$ .

Начальное давление срабатывания заднего тормоза  $p_0=0,09807$  МПа;

Средний радиус тормозного диска:

$$r_{\text{ср}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_{\text{н}}^3 - r_{\text{в}}^3}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} \quad (2.28)$$

где  $r_{\text{н}}$  – наружный радиус поверхности трения накладок 0,091м;

$r_{\text{в}}$  - внутренний радиус поверхности трения накладок, 0,0785 м;

Подставив известные значения в формулу (2.5) получим:

$$r_{\text{ср}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,091^3 - 0,0785^3}{0,091^2 - 0,0785^2} = 0,0849 \text{ м};$$

Нормальная реакция задней оси:

$$R_2 = (m_2 \cdot g) - \left( \frac{m_a \cdot j_{\text{max}} \cdot h_g}{L} \right) \quad (2.29)$$

Подставив известные значения получим:

$$R_2 = (96 \cdot 9,81) - \left( \frac{142 \cdot 7,4 \cdot 0,758}{1,3} \right) = 328,86 \text{ Н}$$

Момент тормозной на колесе, Н·м:

$$M_{T_2} = \varphi \cdot (R_2) \cdot r_T \quad (2.30)$$

где  $\varphi$  - коэффициент сцепления с дорогой (0,8);

Подставив известные значения получим:

$$M_{T_2} = 0,8 \cdot (328,86) \cdot 0,274 = 72 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Сила трения  $P_{T_1}$  на диске:

$$P_{T_2} = \frac{M_{T_2}}{r_{\text{ср}}} \quad (2.31)$$

Подставив известные значения получим:

$$P_{T_2} = \frac{72}{0,0849\text{м}} = 848 \text{ Н};$$

Нормальная сила, создаваемая поршнем колесного цилиндра, Н:

$$N_{\Pi} = \frac{P_{T_2}}{\mu \cdot i \cdot \eta_{\Pi}} \quad (2.32)$$

где  $\mu$  - коэффициент трения между накладкой и диском (0,4);

Подставив известные значения получим:

$$N_{\Pi 2} = \frac{848}{0,4 \cdot 2 \cdot 0,9} = 1177,7 \text{ Н}$$

Давление рабочей жидкости в цилиндре, МПа:

$$p_{\text{ж}} = \frac{N_{\Pi 1}}{S_{\Pi 1}} \quad (2.33)$$

где  $S_{\Pi 1}$  – площадь поршня, м<sup>2</sup>;

Подставив известные значения получим:

$$p_{\text{ж}} = \frac{1177,7}{0,000346} = 3,4 \text{ МПа};$$

## 2.6.2 Расчет переднего барабанного тормозного механизма с тросовым приводом

Представим схему и параметры ТМ для проектного расчета (рисунок 2.5)

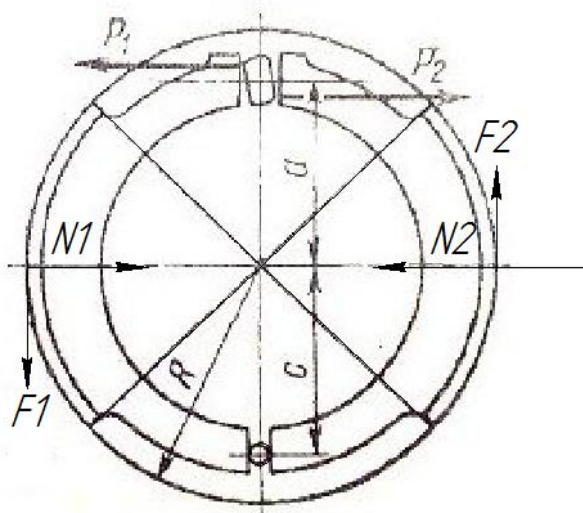


Рисунок 2.7 – расчетная схема барабанного тормозного механизма.

Параметры барабанного механизма:

диаметр барабана = 0,13 м;

масса барабана  $m_6 = 1,072$  кг;

коэффициент трения между накладкой и тормозным диском  $f_{\text{нак}} = 0,35$ .

Нормальная реакция передней оси:

$$R_1 = (m_1 \cdot g) + \left( \frac{m_a \cdot j_{\max} \cdot h_g}{L} \right) \quad (2.34)$$

Подставив известные значения получим:

$$R_1 = (46 \cdot 9,81) + \left( \frac{142 \cdot 7,4 \cdot 0,758}{1,3} \right) = 1064 \text{ Н}$$

Момент тормозной на колесе, Н·м:

$$M_{T_1} = \varphi \cdot (R_1) \cdot r_T \quad (2.35)$$

где  $\varphi$  - коэффициент сцепления с дорогой (0,8);

Подставив известные значения получим:

$$M_{T_1} = 0,8 \cdot (1064) \cdot 0,274 = 233,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Суммарная сила  $N$  давления кулачка на концы колодок, считая коэффициент трения обшивки  $\mu_0=0,35$ , по уравнению:

$$N_{p1} = \frac{M_{T1} \cdot \cos \beta}{f_{\text{нак}} \cdot r_b (\pi - 2\beta)} \quad (2.36)$$

где  $r_b$  - радиус тормозного барабана, угол  $\beta=30^\circ$   
Подставив известные значения получим:

$$N_{p1} = \frac{233,2 \cdot 0,866}{0,35 \cdot 0,066 (3,14 - 2 \cdot 0,525)} = 2097,2 \text{ Н}$$

Принимая максимальное давление на ручной рычаг  $P_n=196 \text{ Н}$ , найдем необходимое передаточное отношение:

$$X_1 = \frac{N_{p1}}{P_n} \quad (2.37)$$

где  $N_{p1}$  - суммарная сила давления кулачка на концы колодок, Н;  
 $P_n$  - максимальное давление на ручной рычаг

Подставив известные значения получим:

$$X_1 = \frac{2097,2}{196} = 10,7$$

Следовательно можно определить длину тормозного рычага для обеспечения расчетного давления тормозных колодок. На рисунке 2.4 изображена схема для расчета привода барабанного тормозного механизма.

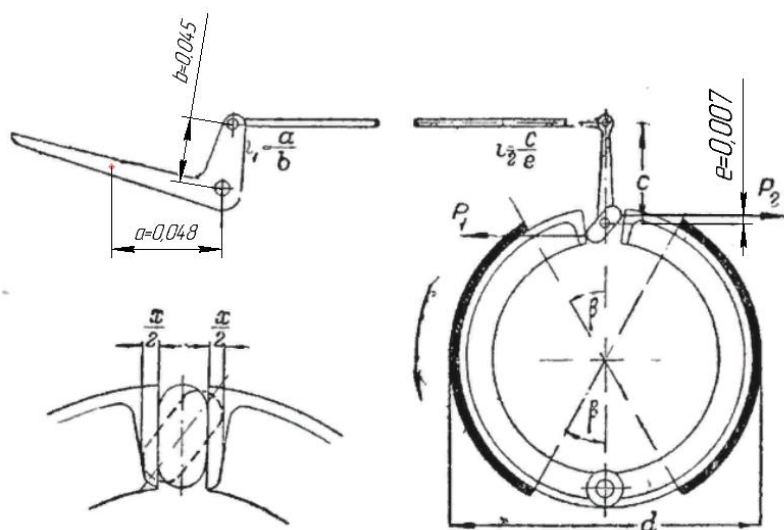


Рисунок 2.8 – Расчетная схема барабанного тормозного механизма.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Зная суммарное передаточное число и длину ручного рычага вычислим длину тормозного рычага на тормозном барабане используя зависимость передаточных отношений:

$$X \frac{a}{b} = \frac{c}{e}$$

где X-необходимое передаточное отношение;

a - длина рабочего плеча ручного рычага от точки приложения силы до оси вращения;

b - длина рабочего плеча ручного рычага от оси вращения до точки закрепления головки троса;

c – рабочее плечо переднего рычага;

e - рабочее плечо тормозного кулачка;

Отсюда:

$$c = \frac{Xae}{b} \quad (2.38)$$

Подставив известные значения получим:

$$c = \frac{10,7 \cdot 0,048 \cdot 0,007}{0,045} = 0,079 \text{ м}$$

Примем длину тормозного рычага  $l_p = 80 \text{ мм}$

### 2.6.3 Расчет удельного давления колодок

Удельным называется давление, создаваемое на единицу площади фрикционной накладки

Удельные давления барабанного тормозного механизма не должны превышать 100...200 Н/см

На рисунке 2.6 изображены геометрические параметры рабочей поверхности тормозной колодки барабанного тормозного механизма.

Площадь фрикционной накладки переднего тормоза найдем по формуле:

$$F_{\text{нак}} = Sb \quad (2.40)$$

где S-длина дуги тормозной колодки, м;

b – ширина колодки, м;

Подставив в формулу известные значения получим:

$$F_{\text{нак}} = 12,6 \cdot 1,4 = 17,6 \text{ см}^2;$$

Удельное давление для фрикционной накладки барабанного тормозного механизма определяется по формуле (2.10):

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p_{уд} = \frac{N}{F_{mk} \cdot i} \quad (2.41)$$

где  $F_{нак}$  - площадь фрикционной накладки,  $см^2$ ;

$i$  – число пар трения;

Поставив в формулу (2.10) известные значения получим:

Для переднего колеса:

$$p_{уд} = \frac{2097,2}{17,6 \cdot 2} = 119,5 \frac{Н}{см^2};$$

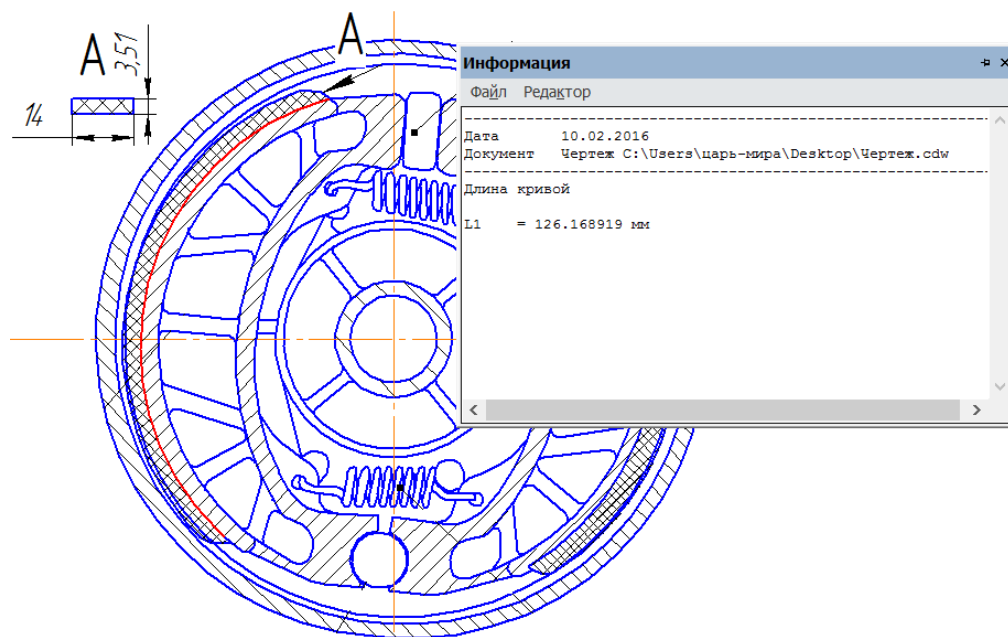


Рисунок 2.9 – площадь фрикционной накладки переднего тормоза.

Площадь фрикционной накладки заднего тормоза  $F_{нак}$  рассчитана с помощью программы «Компас 3D» рисунок 2.5.

Удельное давление для фрикционной накладки дискового тормозного механизма определяется по формуле (2.11):

$$p_{уд} = \frac{N}{F_{mk} \cdot i}$$

где  $F_{нак}$  - площадь фрикционной накладки,  $см^2$ ;

$i$  – число пар трения.

Для заднего колеса:

$$p_{уд} = \frac{1177,7}{3,21 \cdot 2} = 183,4 \frac{Н}{см^2};$$

удельное давление не должно превышать

$$[p_{уд}] = 120 \dots 150 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} (1,2 \dots 1,5 \text{ МПа});$$



Рисунок 2.10 – площадь фрикционной накладки заднего тормоза.

#### 2.6.4 Расчет работы трения

Наиболее слабым элементом тормозного механизма, подвергающимся быстрому изнашиванию, является тормозная накладка.

Удельная работа трения зависит от начальной скорости торможения, при которой вся кинетическая энергия мотоцикла поглощается работой трения в тормозных механизмах:

$$q_{уд} = \frac{A}{F_{нак}} \quad (2.42)$$

где  $A = m_a \cdot v^2 / 2$  – кинетическая энергия мотоцикла массой  $m_a$  при максимальной скорости  $v$  начала торможения, ( $v_n = 52 \text{ км/ч}$ );

$F_{нак}$  – суммарная площадь поверхности накладок тормозных механизмов, всех колес мотоцикла,  $\text{см}^2$ ;

Подставив в формулу (2.11) известные значения получим:

$$q_{уд} = \frac{(142 \cdot 15,28^2) / 2}{41,6} = 398 \text{ Дж/см}^2;$$

Средние значения удельной работы трения составляют  $0,2 \dots 1 \text{ кДж/см}^2$  для мотоциклов (большее значение для дисковых тормозных механизмов).

#### 2.6.5 Расчет на нагрев тормозного барабана

Нагрев тормозного барабана за одно торможение определяется по формуле (2.12):

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{m_{\text{к}} \cdot v^2}{2 \cdot m_{\text{б}} \cdot c} \quad (2.43)$$

где  $m_{\text{к}}$  - масса мотоцикла, приходящаяся на тормозящее колесо, кг;

$m_{\text{б}}$  - масса тормозного барабана, кг;

$c = 920$  Дж/(кг · К) – удельная теплоемкость алюминия ;

Подставляя в формулу (2.12) известные значения получим:

Для переднего колеса:

при начальной скорости торможения  $v_{\text{н}} = 30$  км/ч;

$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{43 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 0,6^{\circ}\text{C}$$

температура нагрева не должно превышать 15 °С.

При максимальной скорости торможения  $v_{\text{н}} = 52$  км/ч;

$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{43 \cdot 14,48^2}{2 \cdot 2,8 \cdot 920} = 1,7^{\circ}\text{C}$$

## 2.6.6 Расчет на нагрев тормозного диска

Нагрев тормозного диска за одно торможение определяется по формуле

$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{m_{\text{к}} \cdot v^2}{2 \cdot m_{\text{д}} \cdot c}$$

где  $m_{\text{к}}$  - масса мотоцикла, приходящаяся на тормозящее колесо, кг;

$m_{\text{д}}$  - масса тормозного диска, кг;

$c = 500$  Дж/(кг · К) – удельная теплоемкость стали;

Подставляя в формулу (2.12) известные значения получим

температура нагрева должна быть в пределах 40...60 °С.

Для заднего колеса:

при начальной скорости торможения  $v_{\text{н}} = 30$  км/ч;

$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{87 \cdot 8,4^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 53,8^{\circ}\text{C};$$

температура нагрева не должно превышать 15 °С.

при максимальной скорости торможения  $v_{\text{н}} = 52$  км/ч;

$$\Delta t_n = \frac{87 \cdot 14,48^2}{2 \cdot 0,114 \cdot 500} = 160 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

температура нагрева должна быть  $\leq 100^{\circ}\text{C}$ .

По результатам расчета можно сделать вывод о избыточном нагреве тормозного диска заднего тормоза.

## 2.7 Проверочные расчеты тормозных механизмов

### 2.7.1 Расчет болтов крепления заднего суппорта на срез

На рисунке 6 изображена схема болта с основными геометрическими параметрами

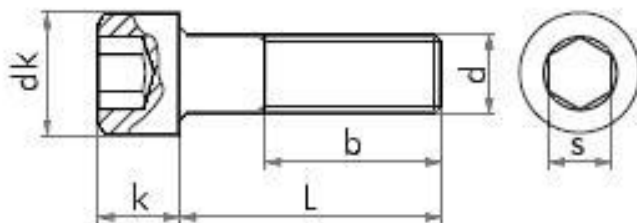


Рисунок 2.11– Расчетная схема болта при расчете на срез.

Площадь поперечного сечения болта:

$$A_6 = \pi R^2 \quad (2.44)$$

где R-радиус поперечного сечения болта;

Подставив известные значения получим.

$$A_6 = 3,14 \cdot 3^2 = 28 \text{ мм}^2$$

Из условия прочности на срез:

$$P/n \cdot A_6 \leq [\tau_{cp}] \quad (2.45)$$

$[\tau_{cp}]$  для стали 40X = 118 МПа

$$1275/2 \cdot 28 \leq [\tau_{cp}]$$

$$23 \text{ МПа} \leq 118 \text{ МПа}$$

Условие прочности сохраняется с достаточным коэффициентом запаса прочности.

### 2.7.2 Расчет колодки барабанного тормоза на износ

Износ зависит от работы трения, выполняемой тормозами во время торможения. Поэтому о нем часто судят по коэффициенту износа, представляющему собой произведение удельного давления на окружную скорость барабана :  $p_{y\partial} V_{\max}$  последнюю следует определять при той максимальной скорости мотоцикла  $V_{\max}$ , с которой начинается торможение :

$$V_0 = V_{\max} \cdot \frac{r}{r_k} \text{ м/с} \quad (2.46)$$

где  $r$ -радиус колодки;  $r_k$ - статический радиус колеса  
Следовательно коэффициент износа равен:

$$K = p_{y\partial} V_0 \quad (2.47)$$

где  $p_{y\partial}$ -удельное давление на обшивке

Коэффициент износа при  $V_{\max}=55 \text{ км/ч}=15,28 \text{ м/с}$ , т.е. с максимальной скоростью.

$$p_{y\partial} V_0 = 2,1 \cdot 15,28 \cdot \frac{6,5}{28} = 7,4 \text{ кгм/см}^2 \cdot \text{с}$$

Максимально допустимое значение коэффициента износа считается  $50 \text{ кгм/см}^2 \cdot \text{с}$

### 2.7.3 Расчет ручного рычага на изгиб

Схема с основными геометрическими параметрами представлена на рисунке 2.12

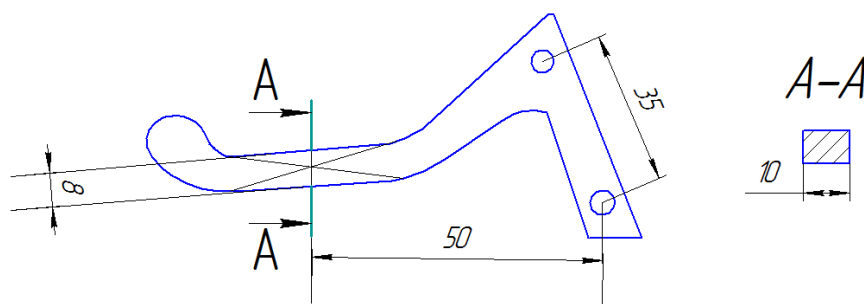


Рисунок 2.12–Расчетная схема ручного рычага тормозного привода.

Условие прочности при изгибе:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{I_{\text{б}}}{W_x} \leq [\sigma_n] \quad (2.48)$$

где  $I_{\text{б}}$ - изгибающий момент ,Н·м;

$W_x$ -осевой момент инерции м<sup>3</sup>;

$\sigma_{\text{изг}}$  - максимальное напряжение возникающее в сечении рычага;

$\sigma_n$  - допускаемое напряжение на изгиб для Ст3 (150МПа)

Изгибающий момент рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{б}} = F \cdot l \quad (2.49)$$

где F-изгибающая сила, Н;

l- плечо приложения силы,м;

$$I_{\text{б}} = 196 \cdot 0,05 = 9,8 \text{ Нм}$$

Вычисляем осевой момент инерции для прямоугольного сечения:

$$W_x = \frac{bh^2}{6} \quad (2.50)$$

где b- ширина прямоугольника, м; h-высота прямоугольника, м

Подставив известные значения найдем:

$$W_x = \frac{0,8 \cdot 0,1^2}{6} = 0,00013 \text{ м}^3$$

Влиянием поперечной силы обычно пренебрегают так же, как и при расчете балок на изгиб.

Вычисляем максимальное напряжение:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{9,8}{0,00013} \leq [\sigma_n] \quad (2.51)$$

$$0,075 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}$$

Так как максимальные значения не превышают допускаемых, то значит запас прочности обеспечен.

## 2.8 Проверочный расчет несущей системы

Исследование прочности несущей системы с использованием метода конечных элементов

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исследование заключается в проверке на прочность несущей системы методом конечных элементов, с помощью программы САПР Solid Works.

Эта программа позволяет выявить опасные напряжения, предел прочности, величины деформации и перемещения деталей рамы, как в отдельности, так и в сборе.

Для расчета сил действующих на несущую систему составим массив исходных данных (Таблица 2.10)

Таблица 2.10 – Массив исходных данных

Параметр	Обозначение	Значение	Размерность
Полная масса	$m_a$	142	кг
в том числе на переднюю ось	$m_1$	46 (33%)	кг
в том числе на заднюю ось	$m_2$	96 (67%)	кг
Ускорение свободного падения	$g$	9,8	м/с <sup>2</sup>
Время удара	$t$	0,1	с
Высота падения	$h$	1	м
Угол наклона передней вилки	$\alpha$	25°	-
Угол наклона маятниковой вилки	$\beta$	22°	-
Плечо передней вилки	$R$	0,61	м
Плечо передней вилки	$r$	0,09	м
Плечо задней маятниковой вилки	$L$	0,442	м
Плечо задней маятниковой вилки	$l$	0,144	м

Основные нагрузки для расчета несущей системы определяют, исходя из трех случаев нагружения: торможение колесом передней оси, торможение колесом задней оси, вертикальная нагрузка сопоставимая со свободным падением с высоты 1 метра.

#### 1). Падение с высоты 1 метра

Вертикальные и угловые колебания вызывают изгиб рамы, создавая значительные напряжения в основании рамы и незначительное в поперечинах. Изгибающая динамическая нагрузка зависит от статической нагрузки и вертикального ускорения в точках приложения статической нагрузки.

Для статического расчета условно приняты упругие элементы подвесок и колес электромотоцикла абсолютно твердыми.

Нормальная реакция дороги, действующая на колесо передней оси:

$$R_{z1} = \frac{m_1 \cdot \sqrt{2gh}}{t} = \frac{46 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1}}{0,1} = 2008,448 \text{ Н}$$

где  $m_1$ - масса, приходящаяся на переднюю ось, кг;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h$ - высота падения, м;

$t$  - время удара, с.

Нормальная реакция дороги, действующая на колесо задней оси:

$$R_{z2} = \frac{m_2 \cdot \sqrt{2gh}}{t} = \frac{96 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1}}{0,1} = 4205,188 \text{ Н}$$

где  $m_2$ - масса, приходящаяся на заднюю ось мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$h$ - высота падения, м;

$t$  - время удара, с.

$$F_1 = R_{z1} \cdot \cos \alpha = 2008,448 \cdot 0,9 = 1807,6 \text{ Н}$$

где  $\alpha$ - угол наклона передней вилки, град.

$$F_2 = R_{z1} \cdot \sin \alpha = 2008,448 \cdot 0,42 = 843,54 \text{ Н}$$

$$F_3 = R_{z1} \cdot \sin \alpha = 2008,448 \cdot 0,42 = 843,54 \text{ Н}$$

$$F_4 = \frac{R_{z2} \cdot \cos^2 \beta \cdot L}{l} = \frac{4205,188 \cdot 0,92^2 \cdot 0,442}{0,144} = 10925 \text{ Н}$$

где  $\beta$ - угол наклона маятниковой вилки.

$$F_5 = \frac{R_{z2} \cdot \cos \beta \cdot L}{l} = \frac{4205,188 \cdot 0,92 \cdot 0,442}{0,144} = 11874,45 \text{ Н}$$

где  $L$ -плечо от оси заднего колеса до кронштейна крепления амортизатора, м;

$l$ -плечо от кронштейна крепления амортизатора до оси качания маятниковой вилки;

$\beta$ - угол наклона маятниковой вилки.

На рисунке 2.13 изображена расчетная схема режима нагружения.

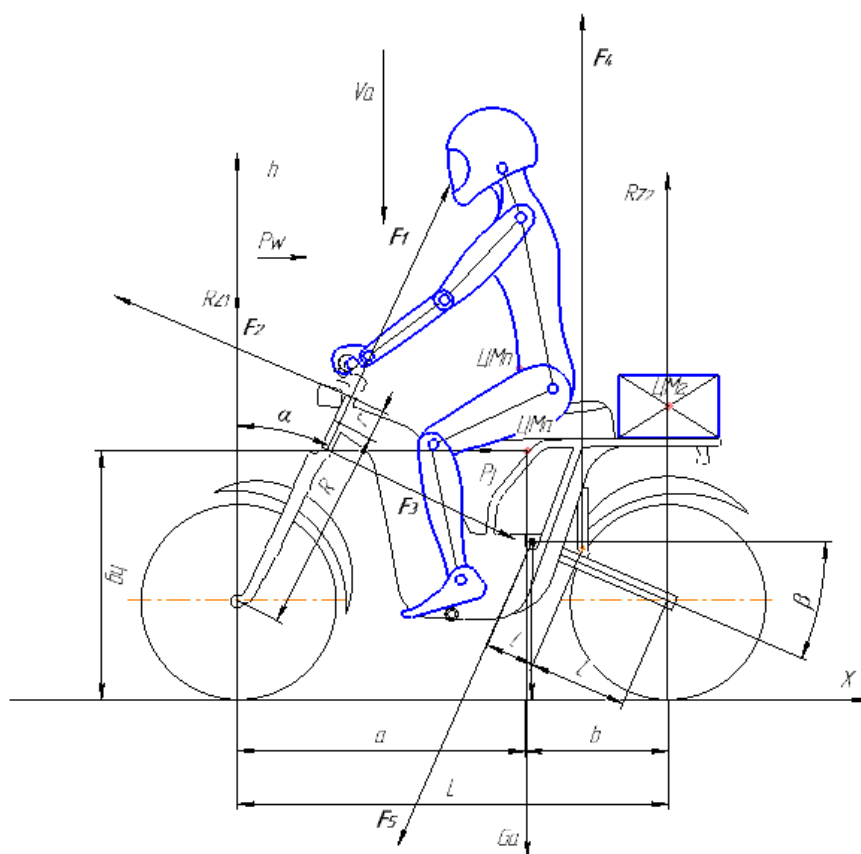


Рисунок 2.13– Расчетная схема режима нагружения.

Результаты исследования прочности несущей системы, выполненных методом конечных элементов, с помощью программы САПР Solid Works представлены эпюрами, изображенными на рисунках: Рисунок 2.14–Анализ перемещения; рисунок 2.15–Анализ напряжения; Рисунок 2.16–Анализ запаса прочности

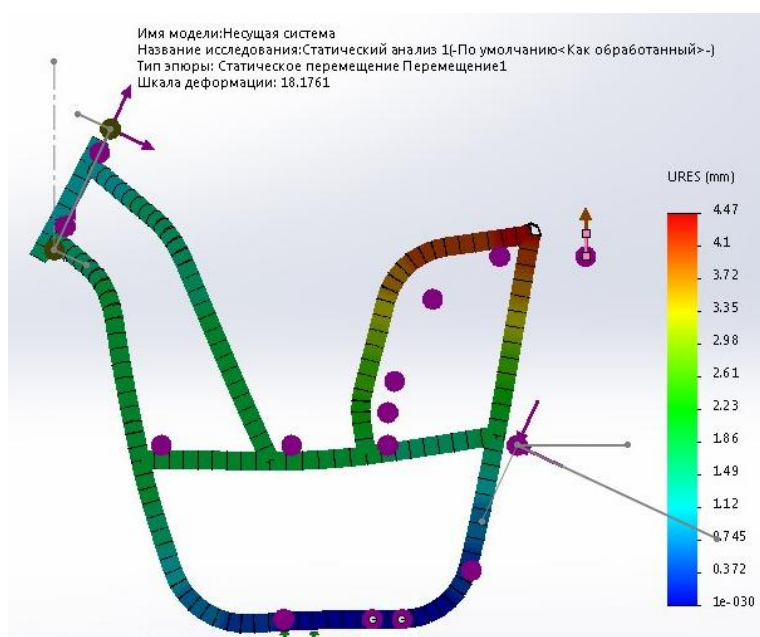


Рисунок 2.14– Анализ перемещения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

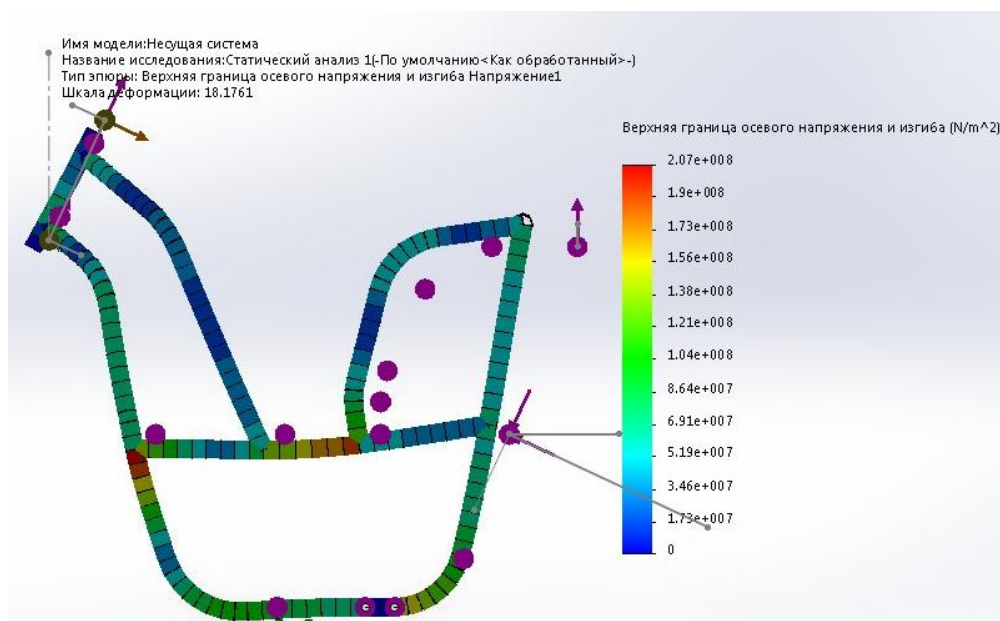


Рисунок 2.15– Анализ напряжения.

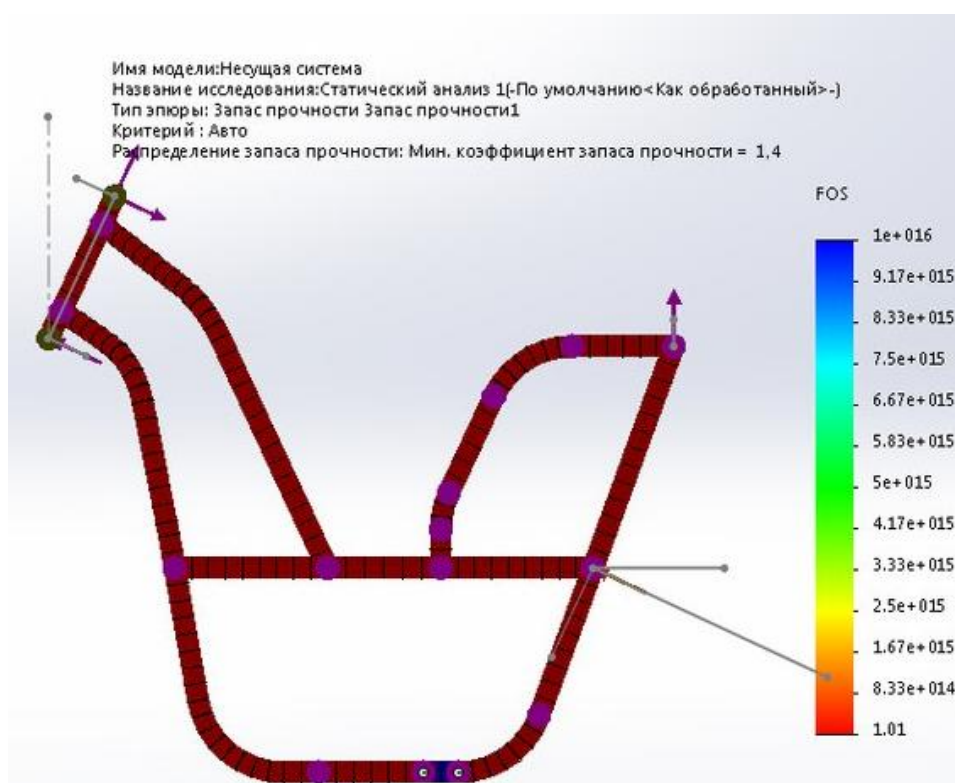


Рисунок 2.16– Анализ запаса прочности.

## 2) Торможение колесом передней оси

Известно, что при торможении происходит перераспределение массы ТС. На мотоцикле это перераспределение может достигать до 80% массы ТС сосредоточенной на переднем колесе. Поэтому значительные нагрузки несущая

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-190109.65 459314.000 ПЗ

Лист

52



система испытывает при экстренном торможении передним тормозом. Рассчитаем прочность рамы при торможении передним тормозом.

На рисунке 2.17 изображена расчетная схема режима нагружения.

Нормальная реакция дороги, действующая на колесо передней оси:

$$R_{z1} = (m_1 \cdot g) + \left( \frac{m_a \cdot j_{\max} \cdot h_g}{L_b} \right) = (46 \cdot 9,81) + \left( \frac{142 \cdot 7,4 \cdot 0,758}{1,3} \right) = 1064 \text{ Н}$$

где  $m_1$ - масса, приходящаяся на переднюю ось мотоцикла, кг;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$j_{\max}$  – максимальное замедление при торможении,  $\text{м/с}^2$ ;

$h_g$ - высота центра масс, м;

$L_b$ - база мотоцикла, м.

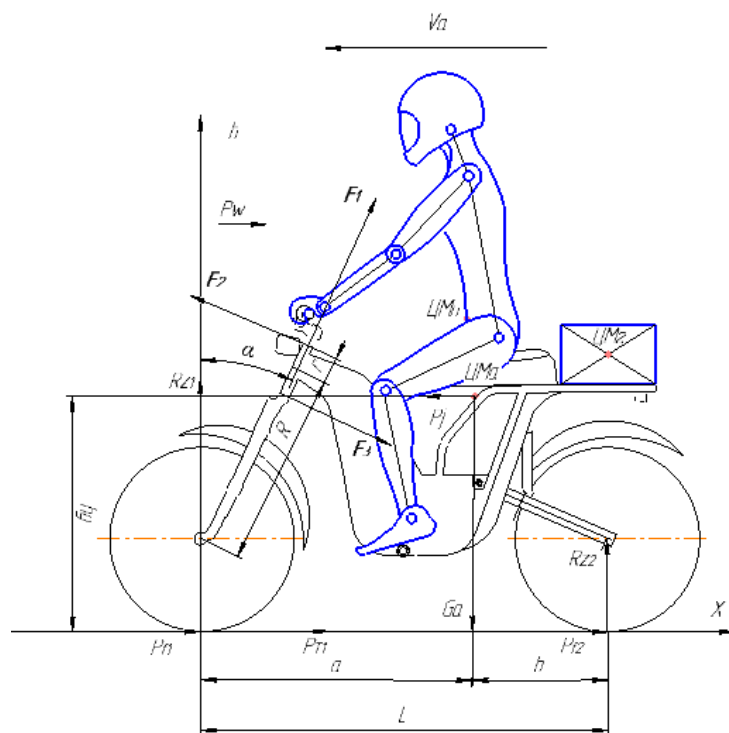


Рисунок 2.17- Расчетная схема режима нагружения.

Тормозная сила колеса передней оси:

$$P_{T1} = R_{z1} \cdot \varphi \quad (2.52)$$

где  $\varphi$ -коэффициент сцепления.

$$P_{T1} = 1064 \cdot 0,8 = 851,2 \text{ Н}$$

$$F_1 = R_{z1} \cdot \cos \alpha + P_{T1} \cdot \sin \alpha \quad (2.53)$$

$$F_1 = 1064 \cdot \cos 25^\circ + 851,2 \cdot \sin 25^\circ = 1324 \text{ Н} \quad (2.54)$$

$$-F_2 = F_3 = \frac{R}{r} (P_{T1} \cdot \cos \alpha - R_{z1} \cdot \sin \alpha) \quad (2.55)$$

где R – плечо от оси переднего колеса до середины головки рамы;  
r – плечо равное половине длины головки рамы.

$$-F_2 = F_3 = \frac{0,61}{0,09} (851,2 \cdot \cos 25^\circ - 1064 \cdot \sin 25^\circ) = 4779 \text{ Н}$$

Результаты исследования прочности несущей системы, выполненных методом конечных элементов, с помощью программы САПР Solid Works представлены эпюрами, изображенными на рисунках: Рисунок 2.18 – Анализ перемещения; рисунок 2.19 – Анализ напряжения; Рисунок 2.20 – Анализ запаса прочности.

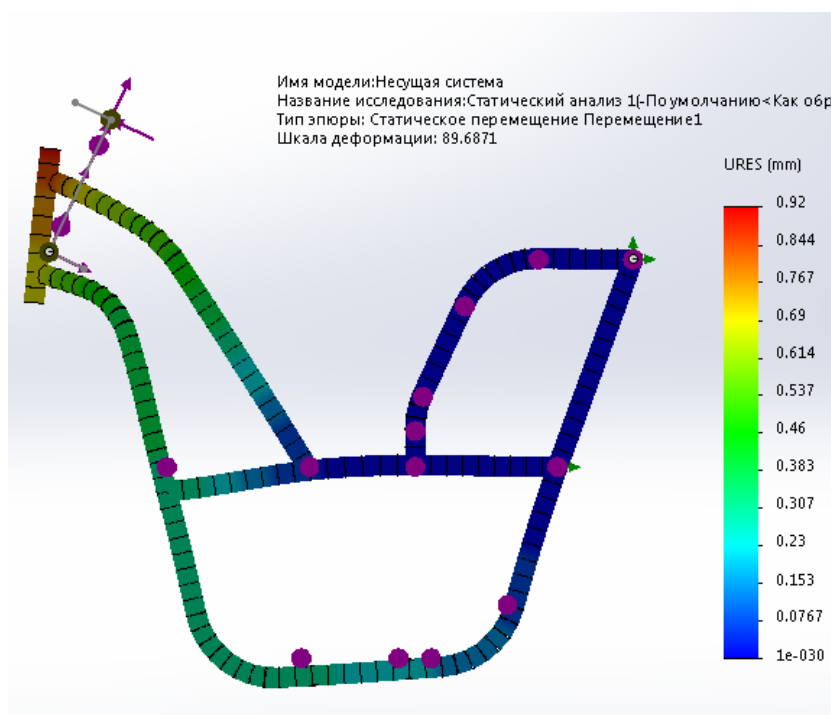


Рисунок 2.18 – Анализ перемещения.

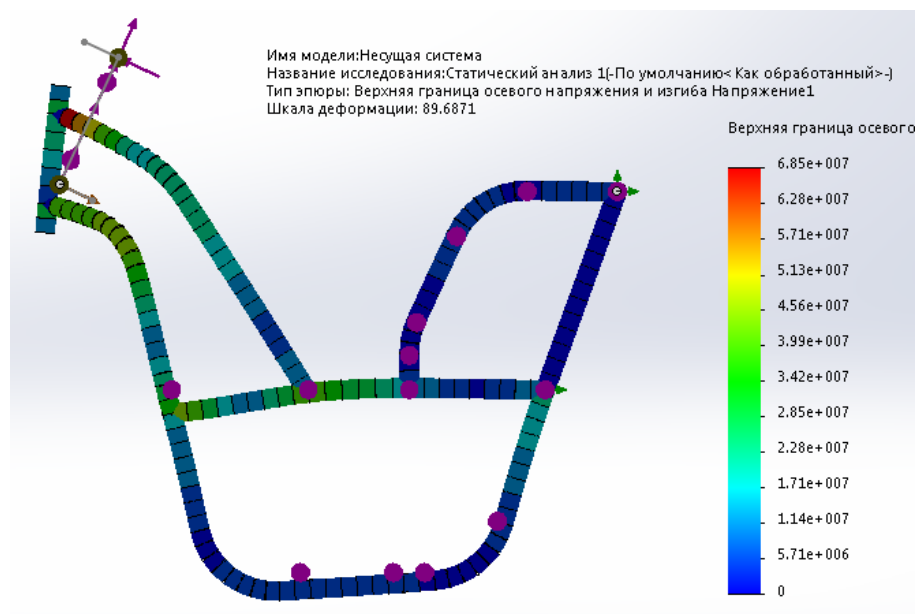


Рисунок 2.19—Анализ напряжения.

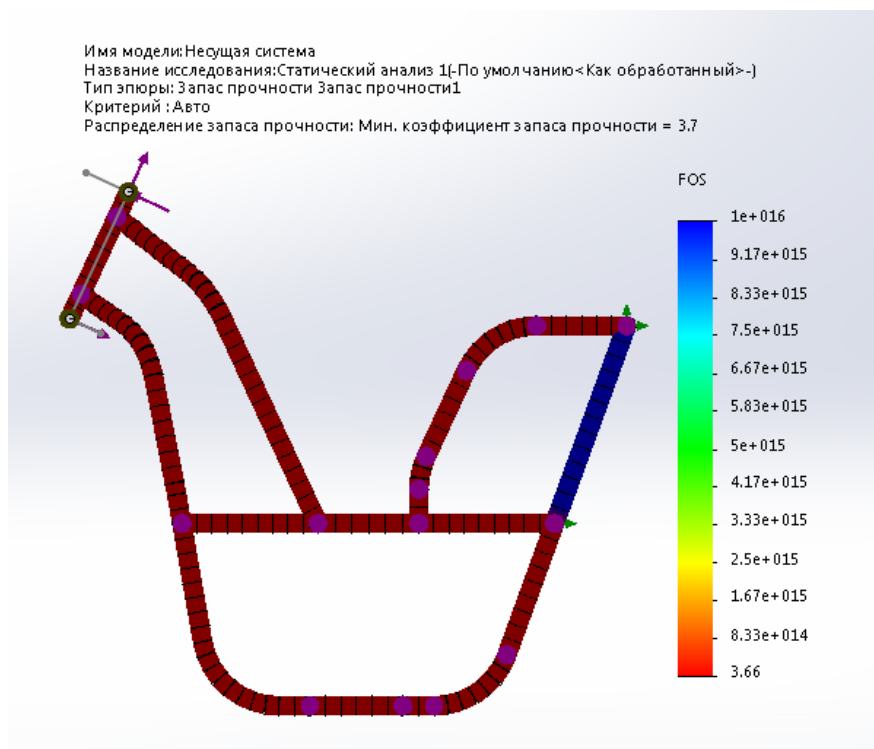


Рисунок 2.20—Анализ запаса прочности.

### 3) Торможение колесом задней оси

Нормальная реакция дороги, действующая на колесо задней оси:

$$R_{z2} = (m_2 \cdot g) - \left( \frac{m_a \cdot j_{max} \cdot h_g}{L_b} \right)$$

где  $m_2$ - масса, приходящаяся на заднюю ось мотоцикла, кг;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-190109.65 459314.000 ПЗ

Лист

55

$L_b$ - база мотоцикла, м.

$$R_{z2} = (96 \cdot 9,81) - \left( \frac{142 \cdot 7,1 \cdot 0,758}{1,3} \right) = 329 \text{ H}$$

$$P_{T2} = R_{z2} \cdot \varphi$$
$$P_{T2}=329 \cdot 0,8=263,2 \text{ H}$$

$$F_4 = \frac{L}{l} (R_{z2} \cdot \cos^2 \beta + P_{T2} \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta) \quad (2.56)$$

$\beta$ - угол наклона маятниковой вилки.

$$F_4 = \frac{0,442}{0,144} (329 \cdot \cos^2 22^\circ + 263,2 \cdot \sin 22^\circ \cdot \cos 22^\circ) = 1148,7 \text{ Н}$$

$$F_5 = \frac{L}{l} (R_{z2} \cdot \cos \beta + P_{T2} \cdot \sin \beta \cdot \sin \beta) \quad (2.57)$$

$$F_5 = \frac{0,442}{0,144} (329 \cdot \cos 22 + 263,2 \cdot \sin 22) = 1238,95 \text{ Н}$$

$$F_6 = P_{T2} \cdot \cos \beta - R_{z2} \cdot \sin \beta \quad (2.58)$$

$$F_6 = 263,2 \cdot \cos 22 - 329 \cdot \sin 22 = 120,8 \text{ Н}$$

Результаты исследования прочности несущей системы, выполненных методом конечных элементов, с помощью программы САПР Solid Works представлены эпюрами, изображенными на рисунках: Рисунок 2.22–Анализ перемещения; рисунок 2.23–Анализ напряжения; Рисунок 2.24–Анализ запаса прочности.

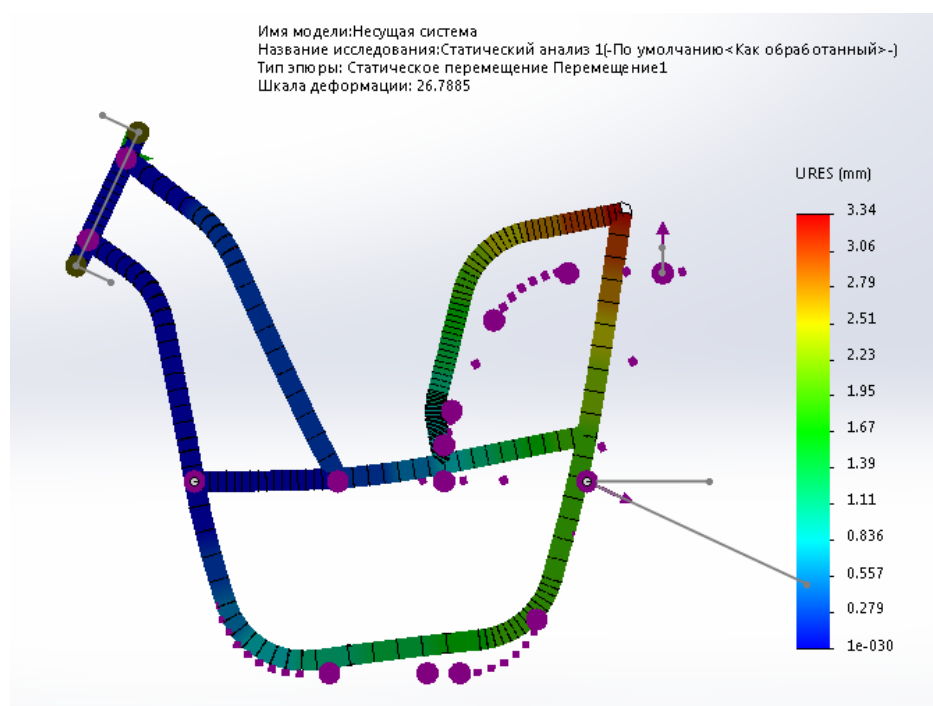


Рисунок 2.22– Анализ перемещения.

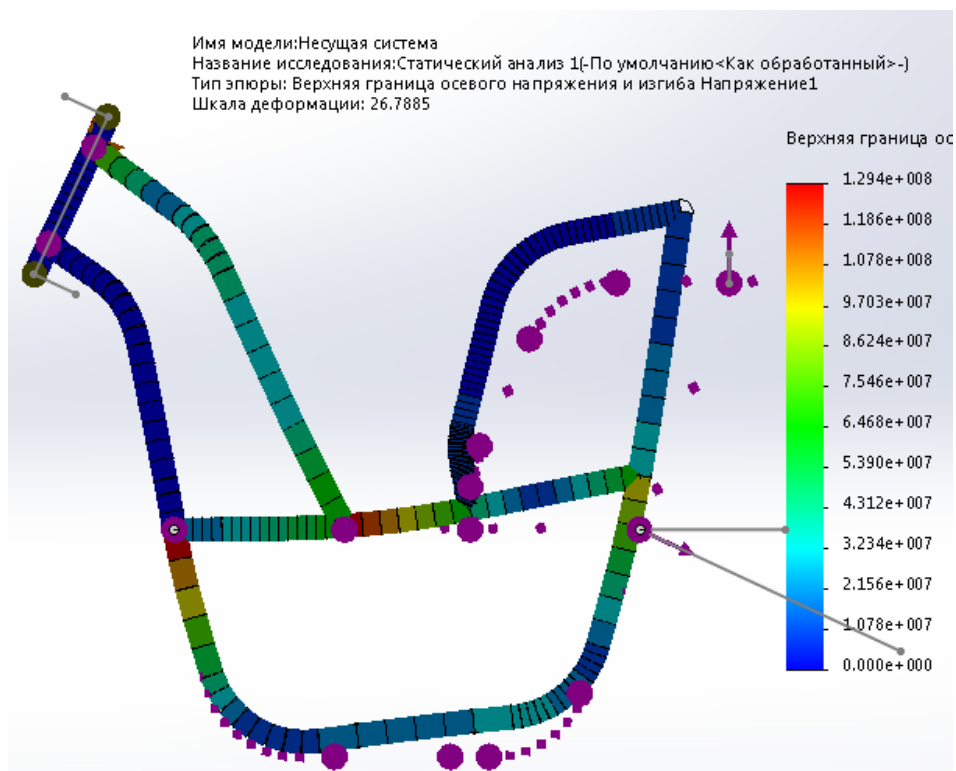


Рисунок 2.23—Анализ напряжения.

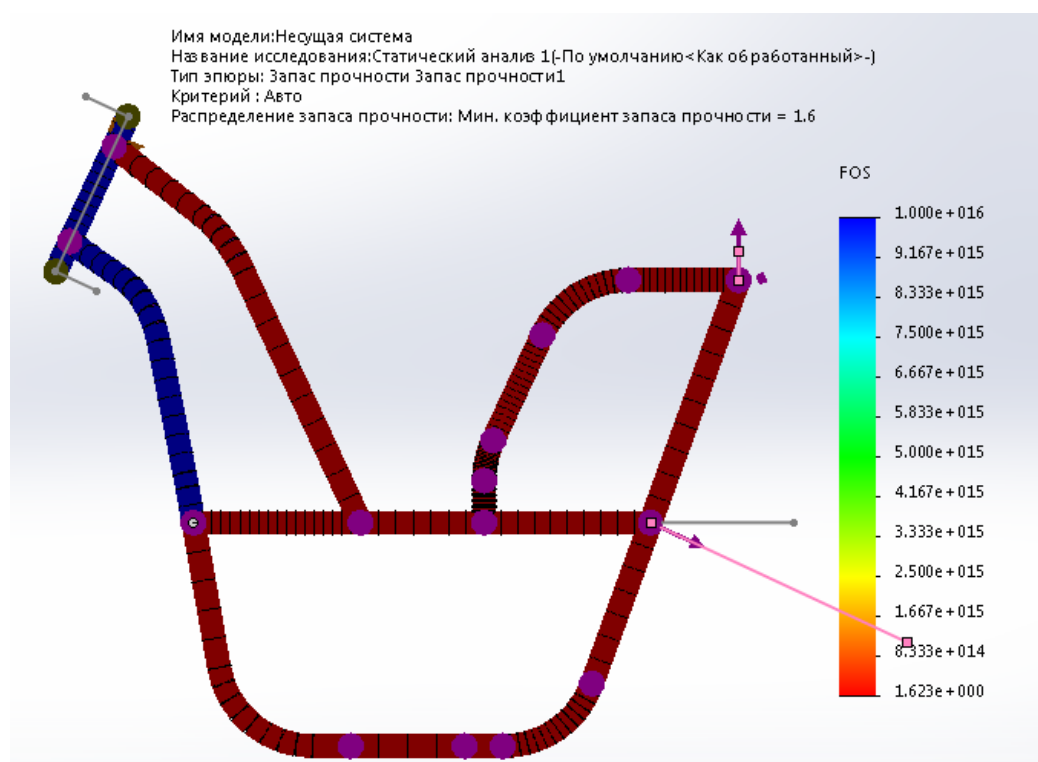


Рисунок 2.24 Анализ запаса прочности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-190109.65 459314.000 ПЗ

Лист

58

## 2.9 Расчет деталей несущей системы и задней подвески на прочность

### 2.9.1 Расчет сварного стыкового соединения головки рамы с рамой

Стыковое соединение нагружено осевыми силами. Сварной шов (см.рис.2.6) работает на растяжение или сжатие вне зависимости от вида подготовки кромок.

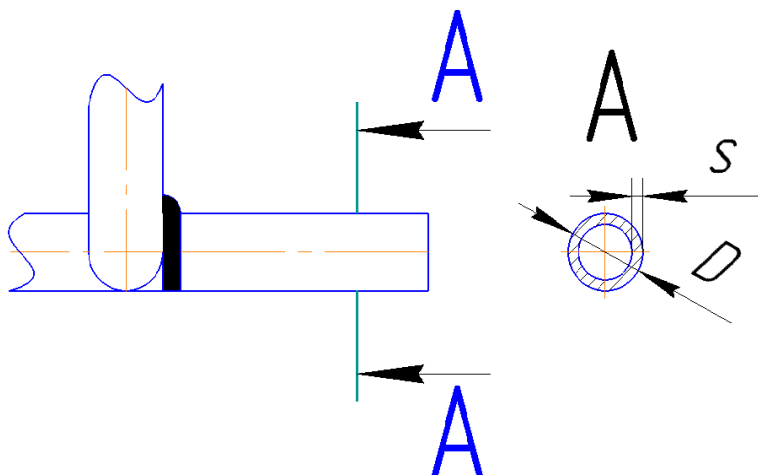


Рисунок 2.25–Расчетная схема сварного соединения подножек с рамой.

Условия прочности шва:

$$\delta = \frac{F}{(bs)n} \leq [\delta_p'] \quad (2.59)$$

где  $F$ –нагрузка на сварное соединение, Н;

$b$ –длина шва, мм;

$s$ –толщина соединяемых деталей, мм;

$\delta$ –расчетное напряжение растяжения (сжатия) в сварном шве, МПа;

$[\delta_p']$ –допустимое напряжение для сварного шва, МПа;

$n$ –количество деталей воспринимающих нагрузку.

Нагрузку на сварное соединение примем из режима нагружения при свободном падении мотоцикла с высоты 1 метр с водителем массой 75 кг условно приняв упругие элементы подвесок и колес электромотоцикла абсолютно твердыми.

$$F = \frac{m_b \cdot \sqrt{2gh}}{t} = \frac{75 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1}}{0,1} = 3320,4 \text{ Н} \quad (2.60)$$

$$\delta = \frac{3320,4}{(78,5 \cdot 2) \cdot 2} = 21,15 \text{ МПа}$$

$$21,15 \text{ МПа} \leq 137 \text{ МПа}$$

Запас прочности обеспечен.

## 2.9.2 Расчет сварного соединения верхнего кронштейна крепления амортизатора

Стыковое соединение нагружено осевыми силами. Сварной шов (см.рис.2.7) работает на растяжение или сжатие вне зависимости от вида подготовки кромок.

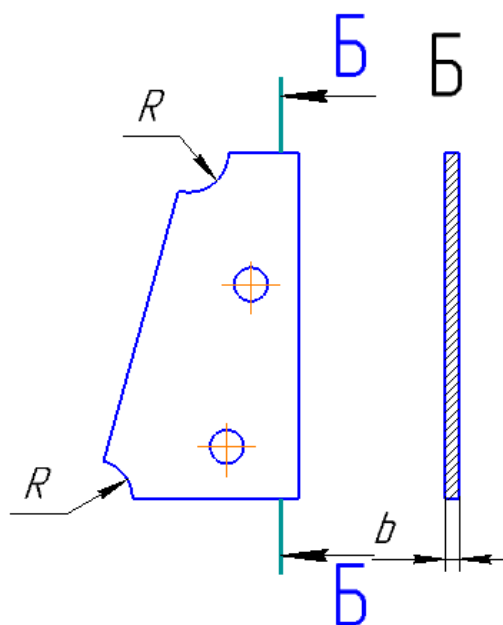


Рисунок 2.26 Расчетная схема верхнего кронштейна амортизатора.

Условие прочности шва:

$$\delta = \frac{F}{(bs) \cdot n} \leq [\delta_p']$$

где  $F$ —нагрузку на сварное соединение пример из расчетного режима на падение  $F_4=10925$  Н;

$b$ —длина шва, мм;  $s$ —толщина соединяемых деталей, мм;

$\delta$ —расчетное напряжение растяжения (сжатия) в сварном шве, МПа;

$[\delta_p']$ —допустимое напряжение для сварного шва, МПа;

$n$ —количество деталей воспринимающих нагрузку.

$$\delta = \frac{10925}{(80 \cdot 3) \cdot 4} = 11,38 \text{ МПа}$$

$$11,38 \text{ МПа} \leq 125 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60



### 2.9.3 Расчет оси маятниковой вилки на срез

Расчетная схема представлена на рисунке 2.27



Рисунок 2.27 Расчетная схема оси маятниковой вилки

Из условия прочности на срез определяем диаметр оси:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau]_{\text{ср}} \quad (2.61)$$

где F-силу, действующую на ось принимаем из расчета режима нагружения на падение  $F_5=11874$  Н;

$A_{\text{ср}}$ -площадь среза,  $\text{мм}^2$ ;

$[\tau]_{\text{ср}}$ -допускаемое напряжение при срезе для стали 40Х, МПа;

Площадь среза определим из формулы:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

где d-диаметр оси, м.

$$A_{\text{ср}} = \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 113 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Подставим численные значения составляющих в условие прочности, получим:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{11874}{113 \cdot 10^{-6}} = 105 \text{ МПа}$$

$$105 \text{ МПа} \leq 157 \text{ МПа}$$

Условие прочности сохраняется

### 2.9.4 Расчет на растяжение кронштейна крепления амортизатора

Расчетная схема нижнего кронштейна амортизатора изображена на рисунке 2.28

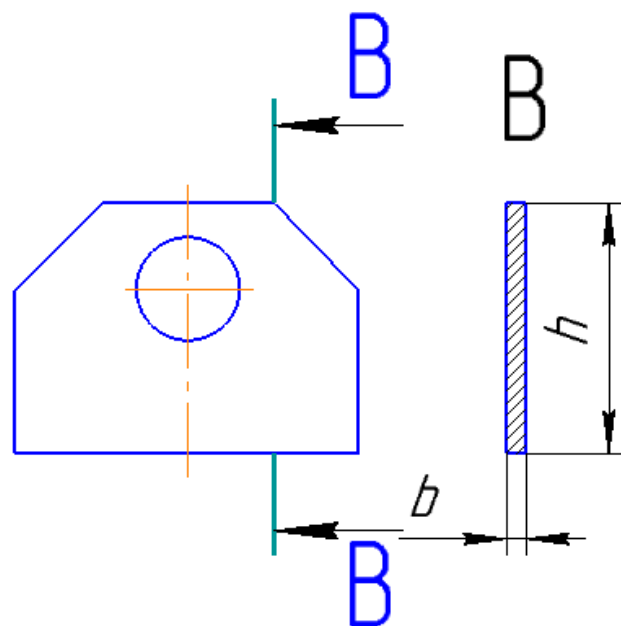


Рисунок 2.28 Расчетная схема нижнего кронштейна амортизатора  
Из условия прочности на растяжение

$$\sigma_{max} = \frac{|N|}{A \cdot n} \leq [\sigma]_{рас}$$

где A-площадь сечения пластины, м<sup>2</sup>;

N-усилие на пластине, Н;

$[\sigma]_{рас}$  = 125 МПа-допускаемые нормальные напряжения для стали;

n-количество кронштейнов воспринимающих нагрузку;

Усилие принимаем при торможении задним тормозом  $F_4 = 10424,68$  Н

Площадь поперечного сечения пластины:

$$A = a \cdot b = 0,003 \cdot 0,04 = 0,00012 \text{ м}^2$$

Получим

$$\sigma_{max} = \frac{|10424,68|}{120 \cdot 10^{-6} \cdot 4} = 21,71 \text{ МПа}$$

$$21,71 \text{ МПа} \leq 125 \text{ МПа}$$

## 2.10 Проектирование электрооборудования

При проектировании электромотоцикла помимо основной схемы питания электродвигателя, блоков и датчиков были удовлетворены требования регламента соревнований и ГОСТа Р 41.74-99 к системе электрооборудования, реализация

которых обеспечивает появление определенных свойств электромотоцикла, необходимых для его нормальной эксплуатации.

К этим свойствам относятся:

Передние и задние огни должны быть всегда включены при движении; [1]

Хорошая освещенность дороги в темное время суток; [8]

Четкая работа системы световой сигнализации, оповещающей окружающих водителей транспорта о выполняемых маневрах, торможении, стоянке или аварийном состоянии электромотоцикла; [8]

Наличие аварийной кнопки, отключающей все системы при необходимости; [1]

Электромотоцикл должен быть оснащен подставкой. В случае если она используется, то двигатель должен быть отключен. [1]

В электрооборудовании мотоцикла используется три номинальных напряжения 48 В для тягового электродвигателя, 12 В для системы освещения, звуковой и световой сигнализации, 5 В для питания блоков управления и датчиков.

В схемах электрооборудования мотоцикла присутствуют защита цепей с помощью плавких предохранителей и функциональные защиты, требуемые регламентом соревнований Smartmotochallenge.

Устройства системы освещения, световой и звуковой сигнализации, примененные на электромотоцикле, получают питание, согласно регламента от общего источника, но при этом, потребление энергии идет не через общий блок управления и контроллер, а напрямую к системе мониторинга аккумулятора (BMS). Что позволяет применять на прототипе различные виды управляющих систем двигателем без изменения электропроводки дополнительного электрооборудования. Так же при прокладке кабелей электропроводки, в целях безопасности, общий «-» не был проведен на корпус, а отдельным проводом подводится к каждому электроприбору. Наряду с этим электромотоцикл оснащен тумблером отключения общего питания, который находится на панели под рулем и отключает систему мониторинга аккумулятора. На электромотоцикле установлены две пары светодиодных указателей поворотов LED-07 в 2-ух контактный преобразователь частоты из светодиодов «flasher» (реле индикатор сигнала поворота), задний светодиодный фонарь совмещенный с сигналом торможения, фара головного света, оснащенная светодиодной лампой, имеющей энергопотребление 14,4 Вт по сравнению с 60 Вт галогеновой лампы, что увеличивает время разрядки батареи, увеличивая пробег без подзарядки а также лучшее прохождение теста на энергоэффективность в рамках соревнований Smartmotochallenge.

Выбор светодиодных источников головного света и световой сигнализации обоснован рядом преимуществ в сравнении с лампами накаливания:

- Очень долгий срок службы светодиодов (примерно 100000 часов)
- Высокая светоотдача;
- Низкое энергопотребление;

-Низкая температура нагрева, что значительно увеличивает срок службы отражающей поверхности источника света;

-Устойчивость к вибрации, возникающих при движении мотоцикла.

Согласно ГОСТа Р 41.74-99 устройства освещения должны быть установлены таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации и при вибрации, которым они могут подвергаться сохраняли характеристики, предписанные настоящими правилами. В частности должна быть исключена возможность случайного нарушения регулировки этих огней. На рисунке 2.29 изображено расположение устройств освещения и световой сигнализации.

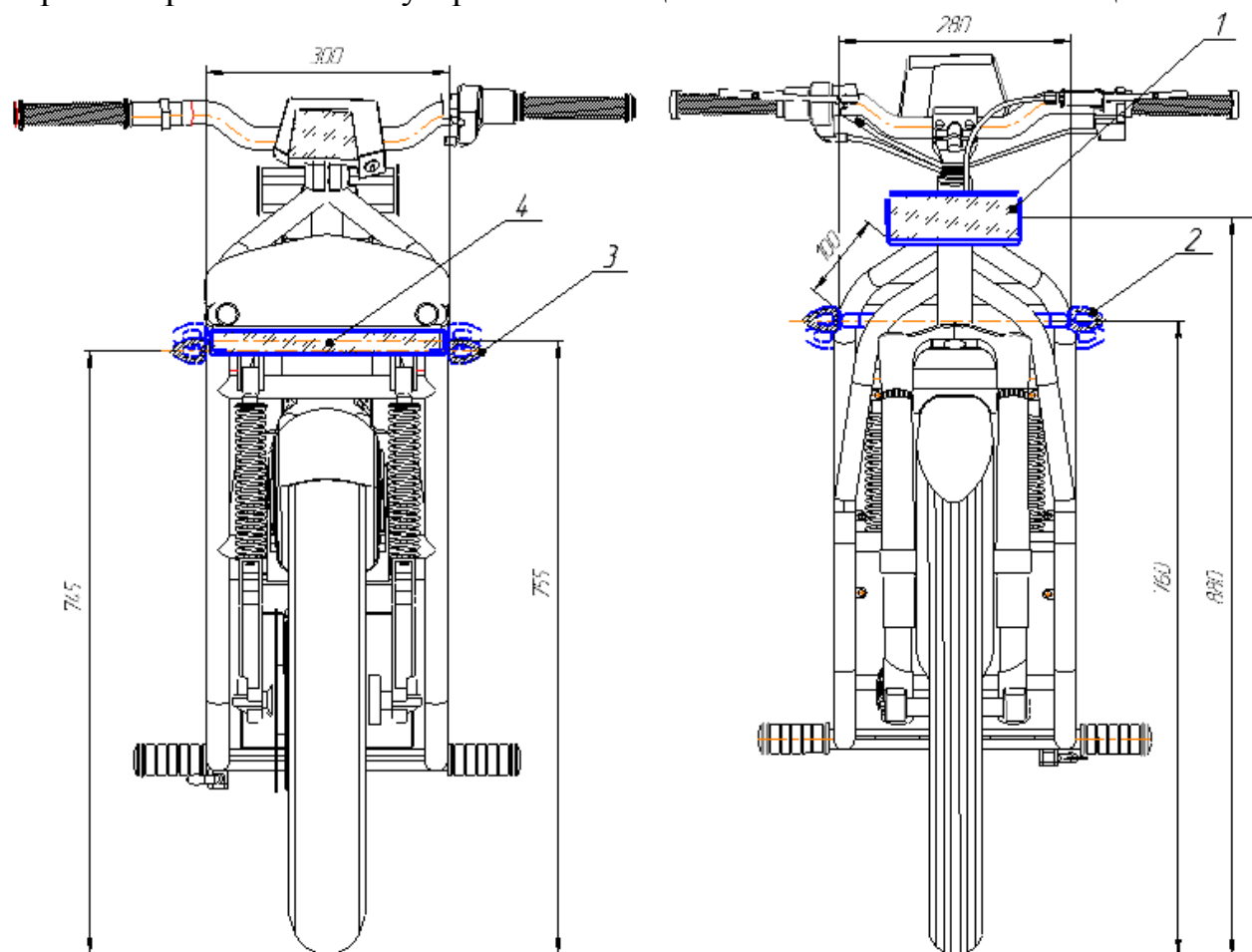


Рисунок 2.29—Расположение устройств освещения и световой сигнализации  
1-Фара головного света; 2-передние указатели поворотов; 3-задние указатели поворотов; 4-задний габаритный фонарь, совмещенный с сигналом торможения.

Применение концевого выключателя на рычагах тормоза с применением реле CARDDEX G10209 (и аналогичное данному) позволило достичь одновременное включение указателя сигнала остановки и отключение подачи энергии в двигатель. А концевой выключатель боковой подставки позволяет отключать двигатель при стоянке с ее использованием.

На рисунке 2.30 показана схема электрооборудования электромотоцикла

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

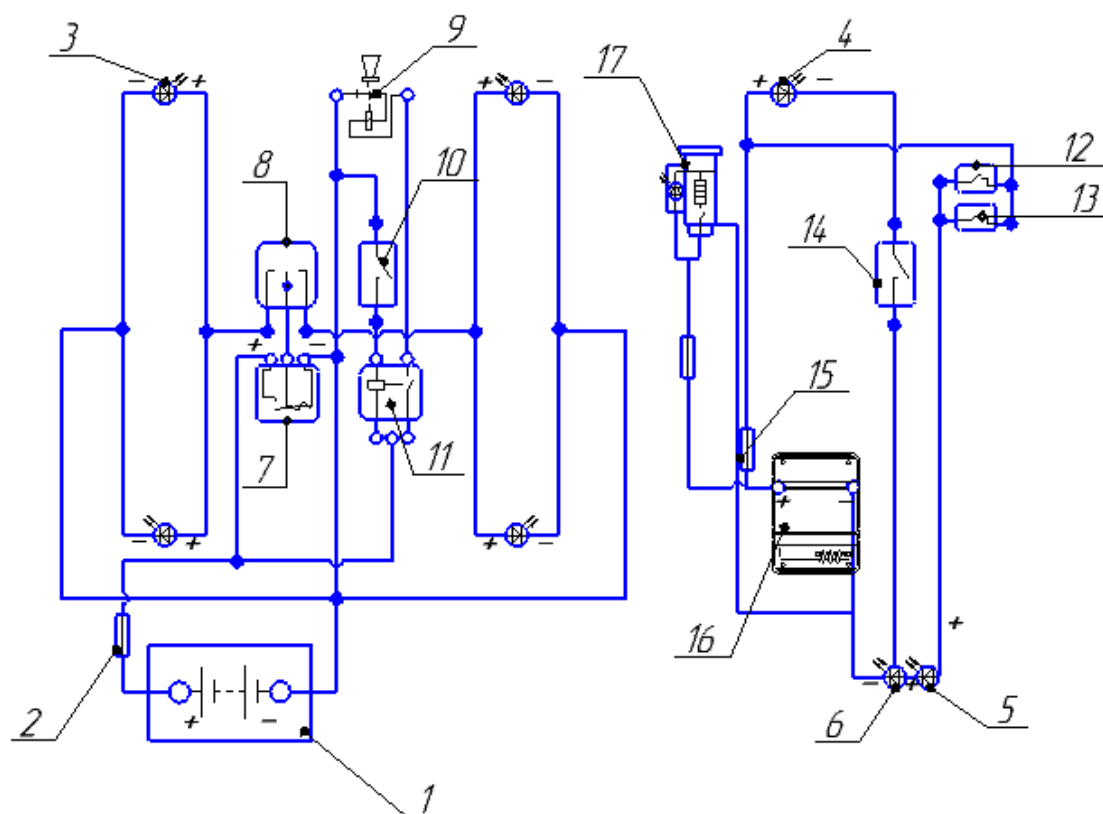


Рисунок 2.30—Схема электрооборудования электромотоцикла: 1 — аккумуляторная батарея; 2 — предохранитель; 3 — указатели поворотов; 4 — лампа головного света; 5 — стоп-сигнал; 6 — габаритный огонь; 7 - реле указателей поворотов; 8 — переключатель указателей поворотов; 9 — звуковой сигнал; 10 — выключатель звукового сигнала; 11 — реле включения звукового сигнала; 12 — концевой выключатель переднего тормоза; 13 — концевой выключатель заднего тормоза; 14 — выключатель наружного освещения; 15 — предохранитель; 16 — контроллер, USB — адаптер

В схему электрооборудования добавлен USB («универсальная последовательная шина») адаптер, позволяющий подзаряжать смартфон во время движения и добавляет возможность использовать дополнительное оборудование, такое как GPS-навигатор, видеорегистратор и т.п.

Принципиальная схема электрооборудования мотоцикла представлена на рисунке 2.31

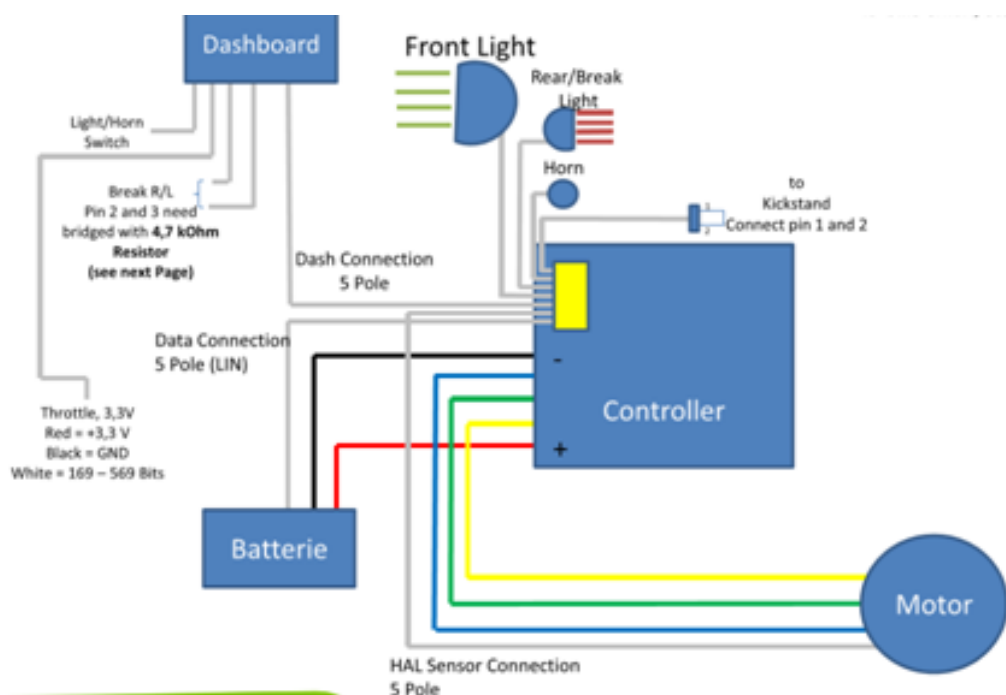


Рисунок 2.31 - Принципиальная электрическая схема мотоцикла

### 3 Технологическая часть ВВЕДЕНИЕ

Технология (от греч. *téchne* — искусство, мастерство, умение и ...логия), совокупность приёмов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности, в строительстве и т. д.; научная дисциплина, разрабатывающая и совершенствующая такие приёмы и способы. Основателем технологии, как отдельной дисциплины, является Иоганн Бекман (1739-1811).

Технологию обычно рассматривают в связи с конкретной отраслью производства либо в зависимости от способов получения или обработки определённых материалов. В результате осуществления технологических процессов происходит качественное изменение обрабатываемых объектов. Так, технология механической обработки связана с изменением формы и некоторых физических свойств обрабатываемых деталей.

Задачей технологии как науки является выявление физических, химических, механических и др. закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов, требующих наименьших затрат времени и материальных ресурсов. Так, предметом исследования и разработки в технологии машиностроения являются основы проектирования технологических процессов (виды обработки, выбор заготовок, качество поверхности обрабатываемых изделий, точность обработки и припуски на неё, базирование заготовок), способы механической обработки поверхностей (плоских, фасонных и др.), методы изготовления типовых деталей (корпусов, валов, зубчатых колёс и др.), процессы сборки (характер соединения

деталей и узлов, принципы механизации и автоматизации сборочных работ), основы конструирования приспособлений.

Основные направления развития современной технологии: переход от прерывистых (дискретных, циклических) технологических процессов к непрерывным поточным процессам, обеспечивающим увеличение масштабов производства и эффективное использование машин и оборудования; внедрение "замкнутой" (безотходной) технологии для наиболее полного использования сырья, материалов, энергии, топлива, что даёт возможность свести к минимуму или полностью ликвидировать отходы производства и осуществить мероприятия по оздоровлению окружающей среды.

В разделе технологии изготовления данного проекта была рассмотрена технологическая схема сборки несущей системы.

### 3.1 Технологический процесс сборки несущей системы

Оборудование и материалы.

- 1) УШМ MAKITA 9557HNZ.
- 2) Лепестковый тарельчатый круг «Зубр» 125х22,23мм Р200
- 3) Слесарные тиски.
- 4) Маркер.
- 5) Аппарат полуавтоматической дуговой сварки плавящейся электродной проволокой в среде углекислотного газа с автоматической подачей проволоки «Сварог» ARCTIC MIG 250Y (J04).
- 6) Проволока для сварочного полуавтомата «ESAB» ОК Autrod 12.51 (0.8mm; 15 kg) или Св-08Г2С
- 7) В качестве защитного газа двуокись углерода газообразная сорт I по ГОСТ 8050
- 8) Сварочный стол с набором струбцин Siegmund PROFESSIONAL EXTREME 2400х1200х200 mm
- 9) Измерительная рулетка.
- 10) Угольник.
- 11) Транспортёр.
- 12) Техническая документация.

Подготовка к сборке

Прежде чем приступить к сборке рамы необходимо:

Зачистить детали конструкции от ржавчины, используя УШМ с лепестковым тарельчатым кругом и слесарные тиски;

Пронумеровать маркером детали в соответствии с технической документацией;

Убедиться в наличии всех деталей конструкции.

Сборка несущей системы ДП-190109.65 459314.01.01.00.00 СБ

Закрепить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.01 и

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ДП-190109.65 459314.01.01.00.02 (2 шт.) на сварочном столе так, чтобы соблюдался угол наклона детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.01,обеспечив плотное прилегание поверхности детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.01 к торцам ДП-190109.65 459314.01.01.00.02.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками.

Закрепить собранную конструкцию и детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 (2 шт.), обеспечив их параллельность и плотное прилегание поверхности детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.01 к торцам деталей ДП-190109.65 459314.01.01.00.06.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию.

Контроль сварочных швов К1.

Закрепить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 (2 шт.) к детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.02 согласно чертежу, так чтобы грань детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 была коллинеарна детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.02 и находилась в центре её продольной оси.

Закрепить собранную конструкцию и детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.03 (2 шт.), так чтобы торцы деталей ДП-190109.65 459314.01.01.00.02 (2 шт.) и ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 (2 шт.) совпадали с торцами ДП-190109.65 459314.01.01.00.03,при этом они должны быть параллельны друг другу.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками

К деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.03 (2 шт.) прикрепить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.09 (2 шт.), так чтобы они были перпендикулярны деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.03 (2 шт.) и коллинеарны друг другу.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию.

Приварить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 (8 шт.) к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.03 (2шт.) согласно чертежу, так чтобы грань детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 была коллинеарна детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.03 и находилась в центре её продольной оси.

Закрепить ДП-190109.65 459314.01.01.00.12 к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 (2шт) согласно чертежу ДП-190109.65 459314.01.01.00.00 СБ. Закрепить ДП-190109.65 459314.01.01.00.13 к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 (2 шт.) согласно чертежу соблюдая расстояние между деталью ДП-190109.65 459314.01.01.00.12 и взаиморасположение их в одной плоскости.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию.

В собранную конструкцию закрепить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.10 (6 шт.), с расположением согласно чертежу ДП-190109.65 459314.01.01.00.00 СБ,

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



соблюдая параллельность всех деталей ДП-190109.65 459314.01.01.00.10 между собой.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию.

В собранную конструкцию закрепить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.04 (2 шт.) соблюдая параллельность между собой, и к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 (2шт.).

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию.

Приварить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 (4 шт.) к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.10 согласно чертежу, так чтобы грань детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 была коллинеарна деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.10 и находилась в центре их продольной оси.

Закрепить собранную конструкцию и детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.08 (4 шт.), обеспечив плотное прилегание её торцов к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 и ДП-190109.65 459314.01.01.00.04.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию

Закрепить на сварочном столе деталь ДП-190109.65 459314.01.01.00.05 и собранную конструкцию так, чтобы круговой вырез на деталях ДП-190109.65 459314.01.01.00.05 плотно прилегал к поверхности детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.04, а также, чтобы их продольные оси были коллинеарны.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками, проверить геометрию

Приварить детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 (2шт) к деталям ДП-190109.65 459314.01.01.00.05 (2шт) согласно чертежу, так чтобы грань детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.11 была коллинеарна детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.05 и находилась в центре её продольной оси.

Закрепить деталь ДП-190109.65 459314.01.01.00.07 (4шт), обеспечив плотное прилегание торцов поверхностей детали к ДП-190109.65 459314.01.01.00.06 и ДП-190109.65 459314.01.01.00.10 а так же обеспечив соосность отверстий детали ДП-190109.65 459314.01.01.00.07.

Зафиксировать расположение деталей в сварной конструкции относительно друг друга прихватками.

Проверить геометрию конструкции согласно чертежу ДП-190109.65 459314.01.01.00.00 СБ. В случае несовпадения расстояний между деталями ДП-190109.65 459314.01.01.00.07 и несоосностью отверстий срезать прихватки на деталях ДП-190109.65 459314.01.01.00.07 и снять слой металла с деталей ДП-190109.65 459314.01.01.00.07. Повторить пункты 25, 26 и 27.

Произвести полную сварку конструкции.

Контроль сварочных швов К2.

Примечание.

Разделка кромок и зазор между кромками деталей, подлежащих сварке, должны соответствовать требованиям чертежей, ГОСТ 14771 и СТП 3300-1.14.51.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сварщик должен приступать к сварочным работам только после установления отделом технического контроля правильности сборки и зачистки всех поверхностей, подлежащих сварке.

Фиксация деталей посредством прихваток, производится с использованием аппарата полуавтоматической дуговой сварки плавящейся электродной проволокой в среде инертного газа с автоматической подачей проволоки. Длина прихваток не должна превышать 20 мм, а их толщина должна быть в половину меньше толщины будущего сварного шва. Прихватки должны обеспечить надежный и полный провар тех мест, в которых они накладываются, поэтому и сварочный ток здесь следует выбрать примерно на 20% выше, чем сварочный ток при дальнейшей сварке.

Измерительный контроль сварочных швов производить ультразвуковым дефектоскопом «Novotest УД2301»

При работе с УШМ и сварочным аппаратом необходимо соблюдать ПТБ и использовать СИЗ.

## 4 Экономическая часть

### ВВЕДЕНИЕ

В экономической части дипломного проекта рассчитываются затраты на: конструкторскую подготовку, материалы и комплектующие несущей системы, фонд оплаты труда рабочих, сумма капитальных вложений опытного образца, прочие. А также выполнена эффективность принятого конструкторского решения.

#### 4.1 Определение стоимости проекта

Так как в рамках дипломного проектирования изготавливается опытный образец, все нормативные показатели в расчетах принимаются фактические.

##### 4.1.1 Затраты на конструкторскую работу [21,22]

Перечень и трудоемкость конструкторских работ по научно-технической подготовке технической документации на проектируемые узлы представлены в таблице 4.1

При определении трудоемкости была принята методика, исходя из фактических показателей. Методика предполагает определение ожидаемой трудоемкости, согласно принятых min и max её значений.

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (4.0)$$

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 14 \text{ н} - \text{ч}.$$

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.1 – Трудоёмкость конструкторских работ

Вид работ	Формат	Кол-во листов	Трудоемкость (нормо-час)		
			min	max	факт.
1. Обзор существующих конструкций, исследование информационной литературы.	Формат А4	10	1	2	14
2. Разработка принципиальной схемы, техническое решение	Формат А1	1	32	50	39
3. Разработка общего вида	Формат А1	1	21	30	25
4. Разработка маятниковой подвески	Формат А1	2	23	30	26
5. Конструирование несущей системы т.ч. рама	Формат А1	5	20	30	120
6. Конструирование сборочных единиц	Формат А1	1	12	20	15
7. Расчет на прочность, кинематические и другие расчеты.	Формат А1	10	2	3	24
8. Конструирование особо сложных деталей	Формат А1	1	20	30	24
9. Выполнение эскизных деталей и узлов	Формат А1	1	12	14	13
10. Выполнение рабочих чертежей деталей	Формат А1	1	10	13	11
11. Составление паспорта, ТУ, инструкции по эксплуатации	Формат А4	7	3	4	8
12. Разработка технологического процесса изготовления детали	Формат А4	16	2	3	38
13. Разработка технической документации	Формат А4	18	2	3	43
14. Контроль чертежей	Формат А1-А4		3	6	4
15. Пояснительная записка 1 раздел 2 раздел 3 раздел 4 раздел 5 раздел	Формат А4	4 35 16 17 23	2	2	190
16. Корректировка технической документации	Проект		15% от трудоемкости выполнения		
Итого			683,1		

Для определения затрат на конструкторскую подготовку прежде следует определить фонд оплаты труда инженера I категории.

По фактическим данным ЗАО «ГРАНД» принимаем тарифную ставку конструктора  $t = 197$  руб [32].

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$\Phi OT = ЗП_{осн} + ЗП_{доп}, \quad (4.1)$$

Основная заработная плата складывается из:

- тарифной составляющей заработной платы ( $ЗП_{ТС}$ );
- премий ( $П$ );
- районного коэффициента ( $K_{PK}$ );
- северной надбавки ( $K_{CH}$ ).

$$ЗП_{осн} = ЗП_{ТС} + П + K_{PK} + K_{CH}, \quad (4.2)$$

где  $ЗП_{ТС} = t \cdot T$  ( $t$  – тарифная ставка;  $T$  – трудоемкость конструкторских работ);

$$П = 0,6 \cdot ЗП_{ТС},$$

$$K_{PK} = 0,2 \cdot ЗП_{ТС},$$

$$K_{CH} = 0,3 \cdot ЗП_{ТС}.$$

Подставив данные значения, получим:

$$ЗП_{осн} = t \cdot T + 0,6 \cdot ЗП_{ТС} + 0,2 \cdot ЗП_{ТС} + 0,3 \cdot ЗП_{ТС}, \quad (4.3)$$

или:

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot t \cdot T. \quad (4.4)$$

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot 197 \cdot 683,1 = 282598,5.$$

Дополнительная заработная плата выплачивается за все узаконенные неявки на работу (отпускные и т.д.). Базой для расчета является основная заработная плата (процент принимается из диапазона от 14% до 20%).

$$ЗП_{доп} = 0,17 \cdot ЗП_{осн}, \quad (4.5)$$

$$ЗП_{доп} = 0,17 \cdot 282598,5 = 48041,7 \text{ руб.}$$

Таким образом фонд оплаты труда составляет:

$$\Phi OT = 282598,5 + 48041,7 = 330640,2 \text{ руб.}$$

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Примем накладные расходы в размере 70% от фонда оплаты труда, тогда полные расходы на конструкторскую подготовку составят:

$$ЗП_{\text{кон}} = \text{ФОТ} \cdot 1,7, \quad (4.6)$$

$$ЗП_{\text{кон}} = 330640,2 \cdot 1,7 = 562088,3 \text{ руб.}$$

#### 4.1.2 Затраты на комплектующие и изготовление несущей системы электромотоцикла категории L1

Сведения о материальных затратах, включающие в себя основные материалы (металлопрокат и комплектующие изделия [17,18,27]) представлены в таблице 4.2 При определении затрат использованы прайс-листы за 2016г. фирм-поставщиков в г. Красноярске, ООО"Айронтрейд " продажа металлопроката.

Таблица 4.2 – Затраты на материалы и комплектующие изделия [12 ]

Наименование узлов и деталей	Единица измерения	Расход	Цена за единицу, руб.	Суммарная стоимость, руб.
Труба Ø25 мм; ГОСТ 8734-75	тонна	0,009	83000	747
Расходные материалы на станочные работы	тонна	0,00065	33000	21,45
Подшипник	шт.	2	50	100
Лист горячекатаный	тонна	0,006	41800	25
Сварочная проволока	кг	1	64	64
Метизы	шт.			500
Итого				1457

#### 4.1.3 Затраты на заработную плату производственных рабочих

Частью затрат при изготовлении разрабатываемых узлов и агрегатов являются затраты на заработную плату рабочим занятым на производстве. При производстве рулевого управления ведутся следующие работы: слесарные, станочные, сварочные, сборочные.

Согласно фактическим данным, трудоёмкость изготовления несущей системы мотоцикла составляет 15 человеко-часов (фактические данные), из них 10 человеко-часов слесарно-сборочные, 1 человеко-час станочные, 3 человеко-часа сварочные.

Для расчета затрат на изготовление необходимо учитывать фонд оплаты труда всех рабочих: слесарь 5 разряда, станочник 4 разряда, электросварщик 3 разряда.

#### 4.1.3.1 Расчет затрат на слесарно-сборочные работы

При изготовлении и сборке разрабатываемых узлов ведутся как слесарные, так и сборочные работы, которые могут быть выполнены одним специалистом: слесарем – сборщиком.

По данным прайс-листа за 2016г. фирмы ЗАО «ГРАНД» часовая тарифная ставка слесаря 5 разряда составляет 141,05 руб/ч [32].

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы определяемым по формулам 4.2 и 4.5 соответственно.

Тарифная составляющая заработной платы:

$$ЗП_{ТС} = t \cdot T, \quad (4.7)$$

$$ЗП_{ТС} = 141,05 \cdot 10 = 1410,5 \text{ руб.}$$

Общая основная заработная плата  $ЗП_{осн}$  согласно формуле 4.4:

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot 1410,5 = 2962,05 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата выплачивается за все узаконенные неявки на работу (отпускные и т.д.) и рассчитывается по формуле 4.5. Базой для расчета является основная заработная плата (процент принимается из диапазона от 14% до 20%).

$$ЗП_{доп} = 0,14 \cdot 2962,05 = 414,69 \text{ руб.}$$

Подставляем численные значения в формулу фонда оплаты труда:

$$ФОТ = 2962,05 + 414,69 = 3376,74 \text{ руб.}$$

Примем накладные расходы в размере 70% от фонда оплаты труда, тогда расходы на услуги слесаря сборщика составят, тогда затраты на слесарно-сборочные работы согласно формуле 4.6 будут равны:

$$З_{слес} = 3376,74 \cdot 1,7 = 5740,49 \text{ руб.}$$

#### 4.1.3.2 Расчет затрат на сварочные работы

Нормативы производственных работ на изготовление не стандартных изделий отсутствуют, поэтому принята фактическая трудоемкость по данным прайс-листа за 2016г. фирмы ЗАО «ГРАНД» часовая тарифная ставка сварщика 3-го разряда составляет 108,99 руб/ч [32].

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы определяемым по формулам 4.2 и 4.5 соответственно.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тарифная составляющая заработной платы рассчитывается по формуле 4.7 и составляет:

$$ЗП_{ТС} = 108,99 \cdot 3 = 326,97 \text{ руб.}$$

Общая основная заработная плата  $ЗП_{осн}$  согласно формуле 4.4 и равна:

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot ЗП_{ТС},$$

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot 326,97 = 686,63 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата выплачивается за все узаконенные неявки на работу (отпускные и т.д.) и рассчитывается по формуле 4.5. Базой для расчета является основная заработная плата (процент принимается из диапазона от 14% до 20%).

$$ЗП_{доп} = 0,14 \cdot 686,63 = 96,13 \text{ руб.}$$

Подставляем численные значения в формулу фонда оплаты труда:

$$ФОТ = 686,63 + 96,13 = 782,76 \text{ руб.}$$

Примем накладные расходы в размере 70% от фонда оплаты труда, тогда расходы на сварочные работы согласно формуле 4.6 составят:

$$З_{свар} = 782,76 \cdot 1,7 = 1330,7 \text{ руб.}$$

#### 4.1.3.3 Расчет затрат на станочные работы

Нормативные показатели производственных работ на изготовление нестандартных изделий отсутствует, поэтому принята фактическая трудоемкость. По данным прайс-листа за 2016г. фирмы ЗАО «ГРАНД» часовая тарифная ставка станочника 4-го разряда составляет 122,73 руб/ч [32].

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы определяемым по формулам 4.2 и 4.5 соответственно.

Тарифная составляющая заработной платы рассчитывается по формуле 4.7 и составляет:

$$ЗП_{ТС} = 122,73 \cdot 1 = 122,73 \text{ руб.}$$

Общая основная заработная плата  $ЗП_{осн}$  согласно формуле 4.4 и равна:

$$ЗП_{осн} = 2,1 \cdot 122,73 = 257,7 \text{ руб.}$$

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Дополнительная заработная плата выплачивается за все узаконенные неявки на работу (отпускные и т.д.) и рассчитывается по формуле 4.5. Базой для расчета является основная заработная плата (процент принимается из диапазона от 14% до 20%).

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,14 \cdot 257,7 = 36,08 \text{ руб.}$$

Подставляем численные значения в формулу фонда оплаты труда:

$$\text{ФОТ} = 257,7 + 36,08 = 293,78 \text{ руб.}$$

Примем накладные расходы в размере 70% от фонда оплаты труда, тогда расходы на станочные работы согласно формуле 4.6 составят:

$$З_{\text{стан}} = 293,78 \cdot 1,7 = 499,4 \text{ руб.}$$

#### 4.1.4 Затраты на социальные нужды

##### 4.1.4.1 Отчисления на социальные нужды конструктора

Отчисления на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, которые составляют 0,2% от фонда оплаты труда, для предприятия первого класса риска:

$$З_{\text{отч}} = \text{ФОТ} \cdot 0,002, \quad (4.8)$$

$$З_{\text{отч}} = 330640,2 \cdot 0,002 = 661,3 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (ОВФ):

$$Н_{\text{соц}} = \frac{\text{ФОТ} \cdot 30}{100}, \quad (4.9)$$

$$Н_{\text{соц}} = \frac{330640,2 \cdot 30}{100} = 112417,7.$$

где 30% – процентная ставка отчислений во внебюджетные фонды.

Таким образом суммарные затраты на социальные нужды конструктора составят:

$$З_{\text{соц}} = З_{\text{отч}} + Н_{\text{соц}}, \quad (4.10)$$

$$З_{\text{соц}} = 661,3 + 112417,7 = 113079 \text{ руб.}$$



#### 4.1.4.2 Отчисления на социальные нужды производственных рабочих

Отчисления на обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве, которые составляют 1% от фонда оплаты труда, для предприятия 9 класса риска:

$$З_{отч} = \text{ФОТ} \cdot 0,01, \quad (4.11)$$

$$З_{отч} = 7570,59 \cdot 0,01 = 75,7 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (ОВФ) согласно формуле 4.9 равны:

$$Н_{соц} = \frac{7570,59 \cdot 30}{100} = 2574 \text{ руб.}$$

Таким образом суммарные затраты на социальные нужды производственных рабочих согласно формуле 4.10 составят:

$$З_{соц} = 2574 + 75,7 = 2649,7 \text{ руб.}$$

#### 4.1.5 Прочие затраты

Затраты на электроэнергию вычислим по следующей формуле:

$$З_э = \frac{(\sum N \cdot \text{ПВ} \cdot K_m \cdot T \cdot U \cdot Ц)}{\eta}, \quad (4.12)$$

где  $\sum N$  - суммарная мощность потребителей электроэнергии;

$\text{ПВ}$  – относительная продолжительность включения электроприборов;

$K_m$  – коэффициент использования приборов по мощности;

$T$  – трудоемкость работ;

$U$  – коэффициент потери электроэнергии в сети;

$Ц$  – стоимость 1кВт·ч электроэнергии промышленных потребителей (Тарифы на электроэнергию в Красноярске и Красноярском крае. Действуют с 1 января 2016 года);

$\eta$  – КПД двигателей.

$$З_э = \frac{(60 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1,05 \cdot 3,2)}{0,9} = 179,2.$$

Накладные на расходы складываются из затрат на материалы и комплектующие и составляют 20% от них:

$$З_{накл} = 14193,5 \cdot 0,2 = 2838,7 \text{ руб.}$$

Таким образом прочие затраты составляют:

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

$$З_{\text{пр}} = З_{\text{э}} + З_{\text{накл}}, \quad (4.13)$$

$$З_{\text{д и м}} = 179,2 + 2838,7 = 3017,9 \text{ руб.}$$

4.1.6 Капитальные вложения на разработку и изготовление опытного образца несущей системы.

Затраты на конструкторскую подготовку, на изготовление не стандартной несущей системы, на комплектующие и прочие расходы. Все найденные значения перечисленных величин, представленные в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Затраты на конструирование, расчет и изготовление опытного образца

Затраты	Сумма, руб.
Конструкторская подготовка	562088,3
Комплектующие изделия и материалы	1457
Слесарно-сборочные работы	5740,49
Сварочные работы	1330,7
Станочные работы	499,4
Отчисления на социальные нужды	115728,7
Монтаж и доводка	3017,9
Итого	689862

Цена конструкции нестандартного изделия, определяется исходя из принятого уровня рентабельности на предприятии машиностроения, в размере 20%, исходя из этого, определяем цену единичного образца:

$$Ц_{\text{к}} = 689862 \cdot 1,2 = 827834,4 \text{ руб.}$$

Если принять последующем изготовления несущей системы малой серией в 100 единиц ,то ориентировочно цена конструкции согласно формуле (4.14) составляет:

$$Ц_{\text{мс}} = Ц_{\text{к+ндс}} / 100 = 17663$$

## 4.2 Расчет экономической эффективности проекта

### 4.2.1 Эффективность принятого конструкторского решения

Первой стадией определения экономической эффективности новой техники является расчет комплексного показателя технического уровня. Технический

уровень проектируемой техники необходимо оценивать с учетом всей совокупности параметров изделия. Комплексный показатель технического уровня рассчитывается по формуле:

$$\text{КПТУ} = \sum_{i=1}^n b_i \cdot q_i, \quad (4.14)$$

где  $b_i$  – коэффициент весомости (значимость)  $i$ -го параметра анализируемой техники;

$n$  – количество показателей качества, выбранных для анализа исследуемой техники;

$q$  – относительные единичные показатели качества.

Составим таблицу показателей качества в которой отобразим параметры и их значения.

Таблица 4.4 – Базовые и проектируемые показатели качества

Показатели качества		Ед.изм.	Базовое	Проектируемое
1	Максимальная скорость	км/ч	45	55
2	Максимальная масса	кг	195	142
3	Снаряженная масса	кг	53	55
4	Дорожный просвет	м	0,16	0,24
5	Коэффициент устойчивости		4,4	4,8

Далее составляем качественную матрицу смежности, где знаки  $>, <, =$  означают значимость сравниваемых параметров.

Таблица 4.5 – Качественная матрица смежности

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	=	>	>	>	<
X2	<	=	>	<	<
X3	<	<	=	>	<
X4	<	>	<	=	<
X5	>	>	>	>	=

В таблице 4.6 представлена количественная матрица смежности, где знаки  $>, <, =$  следует заменить соответствующими коэффициентами предпочтительности  $a_i$ :

$a_i=0,5$  при  $<$ ,

$a_i=1,5$  при  $>$ ,

$a_i=1$  при  $=$ .

Таблица 4.6 – Количественная матрица смежности

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1	1,5	1,5	1,5	0,5
X2	0,5	1	1,5	0,5	0,5
X3	0,5	0,5	1	1,5	0,5
X4	0,5	1,5	0,5	1	0,5
X5	1,5	1,5	1,5	1,5	1

Вычисляем вектор – столбец  $\sum a_i$ , который находится путем сложения коэффициентов предпочтительности каждой из строк:

$$\sum a_1 = 1 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 0,5 = 6,$$

$$\sum a_2 = 0,5 + 1 + 1,5 + 0,5 + 0,5 = 4,$$

$$\sum a_3 = 0,5 + 0,5 + 1 + 1,5 + 0,5 = 4,$$

$$\sum a_4 = 0,5 + 1,5 + 0,5 + 1 + 0,5 = 4,$$

$$\sum a_5 = 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1 = 7.$$

Затем последовательно находятся абсолютные значимости  $B_i$ , путем умножения каждой строки в матрице на вектор – столбец  $\sum a_i$ :

$$B_1 = 1 \cdot 6 + 1,5 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 7 = 27,5,$$

$$B_2 = 0,5 \cdot 6 + 1 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 7 = 18,5,$$

$$B_3 = 0,5 \cdot 6 + 0,5 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 7 = 18,5,$$

$$B_4 = 0,5 \cdot 6 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 0,5 \cdot 7 = 18,5,$$

$$B_5 = 1,5 \cdot 6 + 1,5 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 1 \cdot 7 = 34.$$

В последнюю очередь находятся относительные значимости  $b_i$  в долях единицы:

$$b_i = \frac{B_i}{\sum B_i}, \quad (4.15)$$

$$b_1 = \frac{27,5}{117} = 0,235,$$

$$b_2 = \frac{18,5}{117} = 0,158,$$

$$b_3 = \frac{18,5}{\Sigma 117} = 0,158,$$

$$b_4 = \frac{18,5}{\Sigma 117} = 0,158,$$

$$b_3 = \frac{34}{\Sigma 117} = 0,290.$$

Вычислив по формуле (4.14) комплексный показатель технического уровня и коэффициенты весомости, результат занесен в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Коэффициенты весомости

$q_i$	$\Sigma a_i$	$B_i$	$b_i$	$q_i \cdot b_i$
1,22	6	27,5	0,235	0,29
0,73	4	18,5	0,158	0,11
1,04	4	18,5	0,158	0,16
1,5	4	18,5	0,158	0,24
1,09	7	34	0,291	0,32
КПТУ			1	1,13

Расчет КПТУ выполненный в ручную составил 1,12. Для проверки полученных результатов был выполнен расчет комплексного показателя технического уровня с использованием программного продукта Reent [31]. Погрешность расчета в ручном вычислении составил 0,01, что допустимо.

Разработанный инновационный проект несущей системы может быть реализован в опытном образце с улучшенными технико-экономическими характеристиками, что позволит его использовать в электромотоцикле категории L1 «Персей».

Улучшенная техническая характеристика (масса, устойчивость) даст возможность на соревнованиях получить хороший результат.

Эффективность принятого конструкторского решения увеличилась на 13% комплексного показателя технического уровня.

## 5 Безопасность и Экологичность проекта

### ВВЕДЕНИЕ

По мере усложнения систем "человек - техника" все ощутимее становятся экономические, социальные и иные потери от несоответствия условия труда и техники, производства, возможностям человека. С каждым годом проблема проектирования и эксплуатации систем "человек - техника" становится одной из наиболее важных для народного хозяйства страны. От того, насколько успешно она будет решена, в значительной степени зависит качество и эффективность работы транспорта, машиностроительных заводов и других отраслей промышленности. В настоящее время все большую озабоченность людей вызывают опасности, появляющиеся из отрицательных сторон технического

прогресса. Положительное решение указанной проблемы немыслимо без комплексного учета опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на человека в процессе трудовой деятельности.

Развитие автомобильного транспорта и производственно-технической базы привело к повышению требований по обеспечению безопасности труда. Больше внимания стало, уделяется не только техническим, но и организационным, санитарно-гигиеническим мероприятиям. Данными вопросами занимаются инженерно-технические работники, инженеры по охране труда и др.

опираясь на понятие, охрана труда, которое представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

### 5.1 Характеристика помещения лаборатории испытания транспортных средств ЛИТС [11]

Помещение ЛИТС общей площадью 250 м<sup>2</sup> разбито на два крыла. Стены здания блочные железобетонные, высота стен 4 метра. Пол залит бетоном, перекрытие – железобетонные плиты. ЛИТС имеет одни въездные ворота в левом крыле через которые въезжают испытуемые транспортные средства, а также вход для рабочего персонала и студентов. Лаборатория снабжена естественной вентиляцией и отводом отработавших газов от автомобилей. А также имеется электроснабжение и теплоснабжение.

В правом крыле расположена учебная аудитория, также оборудовано несколько рабочих мест, в том числе рабочее место сварщика и слесаря, так же руководством кафедры выделено место под сборку проектируемого транспортного средства. Работы любого вида (сварочные, слесарные и т.д.) проводятся в лаборатории лишь в свободное от занятий время и прекращаются за час до начала занятий, после чего проводится влажная уборка. Лабораторные работы проводятся, студентами под контролем лаборантов кафедры.

В левом крыле хранятся различного вида приборы, испытательные стенды, лабораторные установки и испытуемые автомобили.

Основными работами при изготовлении рулевого управления автомобиля класса «Формула студент» являются – слесарные, сварочные и сборочные. Эти работы проходят в правом крыле ЛИТС. Для выполнения вышеуказанных работ имеется следующий инструмент:

- Машина шлифовальная угловая МШУ-2-230;
- Сварочный аппарат Mitech MMA-315;
- Набор инструмента универсальный 148 предметов APELAS;
- Тиски слесарные 125мм, поворотные, чугунные, ТСС-125;
- Дрель электрическая Bosch GBM 10 SRE;
- Маска сварщика Хамелеон Корунд АСФ 4/9-13;

Данное помещение, исходя из норм на отдельные учебные места, соответствует СНиП 31-06-2008. Норма площади на одного человека составляет 6 м<sup>2</sup>. Необходимая минимальная площадь помещения (на 8 человек) составляет 48 м<sup>2</sup>, что при общей площади 250 м<sup>2</sup> удовлетворяет требованиям. Объем помещения на одного человека должен быть не менее 19,5 м<sup>3</sup>. Для данного количества учащихся объем должен быть не меньше 156 м<sup>3</sup>, что удовлетворяет требованиям.

## 5.2 Микроклимат

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 работы, выполняемые на участке соответствуют категории II Б. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 должны соответствовать значениям, указанным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне

Период года	Температура, °С					Относительная влажность		Скорость движения, м/с	
	Оптимальная	Допустимая				Оптимальная	Допустимая на рабочих местах	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
		Верхняя Граница		Нижняя граница					
		на рабочих местах							
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных				
Холодный	117-19	221	223	115	113	440-60	775	,0,2	Нне бболее 0,4
Теплый	220-22	227	229	116	115	440-60	75 при 25°С	00,3	00,2-0,5

Для возможности сделать заключение о соответствии микроклиматических условий лаборатории требованиям ГОСТ 12.1.005-88, сделаем сводную таблицу 5.2. Данные действительных значений усредненные, получены при неоднократных измерениях соответственно в холодный и теплый периоды года.

Таблица 5.2 - Сводная таблица

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с
По ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.			
Холодный	17-19	40-60	0,2-0,4
Теплый	20-22	40-60	0,2-0,5
Действительные значения			
Холодный	17	55	0,3
Теплый	21	50	0,2

Согласно данным таблице 5.2 можно утверждать, что, микроклимат помещения «ЛИТС» соответствует требованиям ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

### 5.3 Анализ опасных и вредных факторов [14]

Основными работами при изготовлении рулевого управления транспортного средства являются – слесарные, сварочные и сборочные. Эти работы проходят в правом крыле ЛИТС.

Выполнение сварочных работ связано с использованием электрических устройств, горючих и взрывоопасных газов излучающих электрических дуг и плазмы, с интенсивным расплавлением, испарением и брызгообразованием металла и т.д. Это требует мер безопасности и защиты рабочих от производственного травматизма.

В качестве источников сварочного тока могут применяться трансформаторы, выпрямители и генераторы постоянного тока, специально для этого предназначенные. Непосредственное питание сварочной дуги от силовой (или



осветительной) распределительной цеховой сети не допускается. Источники сварочного типа можно присоединять к распределительным электрическим сетям напряжением не выше 660 В. Нагрузка однофазных сварочных трансформаторов равномерно распределяется между отдельными фазами трехфазной сети.

Помещения по степени поражения электрическим током подразделяются на 3 группы:

1. Помещения без повышенной опасности: сухие, не жаркие, с токонепроводящим полом, без токопроводящей пыли, а также помещения с небольшим количеством металлических предметов, конструкций, машин и т. п. или с коэффициентом заполнения площади  $k \leq 0,2$  (т. е. отношением площади, занятой металлическими предметами, к площади всего помещения).

2. Помещения с повышенной опасностью: сырые, в которых при нормальных условиях влажность временно может повышаться до насыщения, как, например, при резких изменениях температуры или при выделении большого количества пара; сухие, по неотапливаемые, чердачные помещения, неотапливаемые лестничные клетки и помещения отапливаемые, по с кратковременным присутствием влаги; помещения с токопроводящей пылью (угольные мельницы, волочильные цехи и другие им подобные); жаркие, т. е. помещения с температурой свыше  $30^{\circ}\text{C}$ ; помещения с токопроводящими полами (земляные, бетонные, деревянные в сыром состоянии).

3. Помещения особо опасные: особо сырые помещения; помещения с едкими парами, газами и охлаждающими жидкостями, разрушительно действующими на обычно употребляемые в электрических установках материалы и снижающими сопротивление человеческого тела; помещения, в которых имеются два или несколько признаков опасности (например, жаркое помещение и проводящий пол или сырое помещение с коэффициентом заполнения более 0,2 и т. д.).

Помещение ЛИТС попадает под первую группу.

Характер воздействия электрического тока на организм человека и тяжесть поражения зависят от силы тока, продолжительности его воздействия, рода и частоты, пути прохождения тока в теле. Определенное значение имеют индивидуальные свойства человека и некоторые другие факторы.

Сила тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, обуславливающим исход поражения. Различные по величине токи оказывают различное действие на организм человека.

Различают ощутимые, неотпускающие и фибрилляционные токи.

Пороговые значения ощутимых токов составляют: 0,6-1,5 мА при переменном токе частотой 50 Гц и 5-7 мА при постоянном токе. Такой ток вызывает слабый зуд, пощипывание кожи под электродами, а переменный ток 8-10 мА уже вызывает сильные боли и судороги по всей руке, включая предплечье. Руку трудно, но в большинстве случаев еще можно оторвать от электрода.

Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, называется не отпускающим током.

Переменный ток (50 Гц) силой 10-15 мА вызывает еле переносимые боли во всей руке. Во многих случаях руку невозможно оторвать от электрода. При переменном токе силой 20-25 мА руки парализуются мгновенно, оторваться от электродов становится невозможно, а ток 25-50 мА вызывает очень сильную боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено.

При силе переменного тока 50-80 мА дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца. Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца, называется фибрилляционным током. Переменный ток силой 100 мА через 2-3 с вызывает фибрилляцию сердца, а еще через несколько секунд - его паралич.

Верхним пределом фибрилляционного тока является 5 А. Ток больше 5 А как переменный, так и постоянный вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

Знание допустимых для человека значений тока и напряжения позволяет правильно оценить опасность поражения и определить требования к защитным мерам от поражения электрическим током.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека. Под напряжением прикосновения понимается напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Нормы предназначены для проектирования способов и средств защиты от поражения электрическим током людей при их взаимодействии с электроустановками. Они соответствуют прохождению тока через тело человека по пути рука - рука или рука - ноги.

При электросварочных работах возможны следующие виды производственного травматизма:

Поражение электрическим током. При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных работ возможность поражения током исключается. Однако в практике возможны поражения электрическим током вследствие неисправности сварочного оборудования или сети заземления; неправильного подключения сварочного оборудования к сети; неисправности электропроводки и неправильного ведения сварочных работ. Поражение от электрического тока происходит при прикосновении к токонесущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры. Напряжение холостого хода источников питания дуги достигает 90 В, а при плазменно-дуговой резке — 200 В. Учитывая, что сопротивление человеческого организма в зависимости от его состояния (утомленность, состояние здоровья, влажность кожи) может изменяться в широких пределах (1000...20 000 Ом), то указанные выше напряжения являются очень опасными для жизни. Поражение током более 0,05 А может вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Поражение зрения и открытой поверхности кожи лучами электрической дуги. Защита зрения и открытой поверхности кожи от лучей электрической дуги. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Яркость видимых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому, если смотреть на дугу невооруженным глазом, то она производит ослепляющее действие. Ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном действии в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), что может привести к временной и даже полной потере зрения. Тепловое действие инфракрасных лучей вызывает ожоги кожи лица.

Ожоги от капель металла и шлака. В процессе сварки и при уборке и обивке шлака капли расплавленного металла и шлака могут попасть в складки одежды, карманы, ботинки, прожечь одежду и причинить ожоги.

Отравление организма вредными газами, пылью и испарениями, выделяющимися при сварке. Особенное загрязнение воздуха вызывает сварка электродами с качественными покрытиями. Состав пыли и газов определяется содержанием покрытия и составом свариваемого и электродного (или присадочного) металла. Сварочная пыль (так называемая аэрозоль) представляет собой смесь мельчайших частиц окислов металлов и минералов. Основными составляющими являются оксиды железа (до 70 %), марганца, кремния, хрома, а также фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, входящими в состав покрытия, флюса и металла электрода, являются хром, марганец и фтористые соединения. Кроме аэрозоли, воздух в рабочих помещениях при сварке загрязняется различными вредными газами, например, оксидами азота, углерода, фтористым водородом и др. Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м<sup>3</sup> не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10 %, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Наименование вредных веществ	Агрегатное состояние	Характер воздействия вредных веществ на организм водителя	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности по ГОСТ 12.1.005–88
Марганец	а		0,2	II
Хрома оксид	а	A	1	III
Цинка оксид	а		0,5	II
Азота диоксид	п	O	2	III
Озон	п	O	0,1	I
Углерода оксид	п	O	20	IV
Фтористый водород	п	O	0,5/0,1	I
Кремния диоксид	а	Ф	1	III

Условные обозначения: п - пары и/или газы; а - аэрозоль; а+п - смесь паров и аэрозоля; О - вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие

автоматического контроля за их содержанием в воздухе; А - вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях; К - канцерогены; Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Слесарные работы связаны в основном с резкой, сверлением и обработкой металла, при таких работах возможны следующие виды травматизма:

Порезы об острые кромки режущего инструмента и обрабатываемых деталей.

Попадание заноз в незащищенные участки кожи.

Ожоги от прикосновения к горячим деталям или инструменту незащищенными руками.

Попадание абразивных частиц в глаза.

Как правило, способами защиты от перечисленных выше травм являются: применение специальных очков и масок, а также использование защитных перчаток.

Другим вредным фактором на участке является шум. Действуя на органы слуха, шум отрицательно влияет на нервную систему человека. При длительном воздействии шума ослабевает внимание и память работающих, растет производственный травматизм. На участке не допускается превышение уровня шума. Он должен соответствовать требованиям СН 2.2.4/2.1.8 562-96 и составлять не более 80 дБ. Сильный шум вызывает у людей головные боли, головокружение, вызывает изменения в сердечнососудистой системе. На слесарном участке уровень шума находится в пределах допустимой нормы. Только при включении всего оборудования сразу, что бывает крайне редко, уровень шума местами достигает предельно допустимой нормы - 80 дБ. Это объяснимо тем что, весь используемый инструмент соответствует требованиям СН 2.2.4/2.1.8 562-96. Лаборатория находится на расстоянии более 500м до ближайшего жилого помещения, а при включении самого «шумного» инструмента МШУ-2-230, уровень шума снаружи помещения лаборатории не превышает значения 30дБ. Измерения проводились непосредственно возле входной двери шумометром HUAWEI Honor 3х, следует отметить, что при измерении шумового загрязнения в том же месте без включения инструмента в лаборатории уровень шума составлял 25дБ.

Источниками вибрации являются механизмы, машины, механизированный инструмент. В нашем случае источниками вибрации являлись:

- Машина шлифовальная угловая МШУ-2-230;
- Станок точильный Hyundai BG200-400;
- Дрель электрическая Bosch GBM 10 SRE.

Вибрации могут быть непреднамеренными (например, из-за плохой балансировки и центровки вращающихся частей машин и оборудования, пульсирующего движения жидкости, работы перфоратора и.т.п.), а также специально используемыми в технологических процессах (отбойные молотки, вибропогружатели свай, вибрационное оборудование для производства железобетонных конструкций, оборудование для ускорения химических реакций и.т.п.).

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Вибрация – это вредный производственный фактор, отличающийся большой активностью. Вибрационная патология стоит на втором месте среди профессиональных заболеваний. В таблице 5.4 приведены предельно допустимые значения вибраций рабочих мест.

Таблица 5.4 – Предельно допустимые значения вибраций рабочих мест

Среднегеометрически	Предельно допустимые значения по осям $X_0$ , $Y_0$ , $Z_0$							
частоты полос, Гц	виброускорения				виброскорости			
	м/с <sup>2</sup>		дБ		м/с · 10 <sup>-2</sup>		дБ	
	1/3 окт	1/1окт	1/3 окт	1/1окт	1/3 окт	1/1окт	1/3 окт	1/1окт
1,6	0,089		99		0,89		105	
2,0	0,079	0,14	98	103	0,63	1,30	102	108
2,5	0,070		97		0,45		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,10	95	100	0,22	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,10	95	100	0,11	0,22	87	93
10,0	0,070		97		0,11		87	
12,5	0,089		99		0,11		87	
16,0	0,110	0,20	101	106	0,11	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,11		87	
25,0	0,180		105		0,11		87	
31,5	0,220	0,40	107	112	0,11	0,20	87	92
40,0	0,280		109		0,11		87	
50,0	0,350		111		0,11		87	
63,0	0,450	0,79	113	118	0,11	0,20	87	92
Корректированные и эквивалентные корректированные значения, и их уровни		0,10		100		0,20		92

Фактический же уровень вибрации составил порядка 80 дБ, что не превышает предельно допустимую норму.

Особенностями передачи колебаний человеку. В соответствии с эти вибрация подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную (воздействие на отдельные части тела – руки или ноги).

Наше оборудование является источником вибрации, которая попадает под категорию 3а. Категория 3а – технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов (гигиенических нормативов). Порядок установления предельных значений и документы, в которых они должны быть установлены, определяются национальным законодательством. Гигиенические нормативы устанавливаются для параметров, характеризующих действие вибрации, которые определены в следующих стандартах:

ГОСТ 31191.1 - для общей вибрации;

ГОСТ 31191.2 - для вибрации внутри зданий;

ГОСТ 31191.4 - для вибрации внутри железнодорожных транспортных средств;

ГОСТ 31192.1 - для локальной вибрации.

ГОСТ 31191.1 распространяется на вибрацию в диапазоне частот 0,5-80 Гц, передаваемую на тело сидящего человека через подушку сиденья. Если известно, что составляющие на частотах, ниже 1 Гц несут существенны, измерения допускается проводить в диапазоне 1-80 Гц. В отношении сидящего человека вибрация представляет собой фактор риска, в первую очередь для поясничных позвонков и связанных с ними нервных окончаний. Большие механические напряжения, нарушения питания ткани диска могут вызвать развитие дегенеративных процессов в поясничных сегментах позвоночника (спондилеза, межпозвонкового остеохондроза, артроза). Воздействие общей вибрации может привести также к появлению определенных эндогенных патологических отклонений позвоночника. Кроме того, вибрация может оказывать влияние на органы пищеварения, мочевыделительную систему и женские репродуктивные органы. Обычно изменения в состоянии здоровья человека проявляются только после продолжительного многолетнего воздействия общей вибрации. Поэтому для оценки необходимо иметь представительные данные об этом воздействии за длительный период времени.

#### 5.4 Вывод на основе анализа [13]

Из вышеперечисленных опасных и вредных факторов в ходе сварочных работ, отравление организма вредными газами и пылью можно избежать с применением системы искусственной вентиляции с вентилятором ВЦ-4-70-16 при установке которого вентиляция помещения будет соответствовать СНиП 2.04.05-91.

Так же при ведении сварочных работ, рекомендуется пользоваться индивидуальными сварочными кабинами. При отсутствии таковых возможно использовать экраны. Как правило, экраны изготавливаются из негорючего легкого материала. Например, на стальной раме обшитой жстью.

При ведении слесарных работ, в частности отрезных, рекомендуется применять шумопоглощающие экраны, которые позволят снизить воздействие шума на рабочий персонал. Так как на используемом участке, нет ни сварочной, ни слесарной кабины, можно рекомендовать использование переносного экрана, из свето и шумопоглощающего негорючего материала (ISOVER). Геометрические параметры экрана должны быть следующими:

высота – 2м;

длина -2м.

Также при ведении сварочных, слесарных и сборочных работ необходима соответствующая СНиП 23-05-95 освещенность, которая может быть достигнута установкой 14-ти люминесцентных ламп ЛБ-65.

#### 5.5 Пожарная безопасность

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Пожары и взрывы [12,15,16] как сложные причинно-следственные явления возникают на объектах, где имеются горючие и взрывоопасные вещества и источники зажигания. Оценка взрывопожароопасности технологических процессов, блоков, помещений, зданий необходима для определения возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на людей. В зависимости от категории взрывопожароопасности предусматриваются объемно-планировочные решения и профилактические мероприятия.

Категорию взрывопожароопасности помещений определяют в следующей последовательности:

выявляют номенклатуру и количество горючих веществ, находящихся в помещении;

производят оценку их взрывопожароопасности;

анализируют возможные аварийные ситуации и выбирают наиболее неблагоприятный вариант, когда в помещение поступает наибольшее количество легковоспламеняющихся жидкостей.

Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности (таблица 5.5) определяются, исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании.

Таблица 5.5 - Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А  повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б  взрывопожаро-опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1—В4  пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г  умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

В лаборатории испытаний ТС для дозаправки испытательных стендов и проведения лабораторных постоянно находится не более 10 литров бензина, которые хранятся в отдельном помещении площадью 12 м<sup>2</sup>. Так по СП 12.13130.2009 согласно таблице 5.3. относим данное помещение к категории Б и проводим следующие расчеты:

Расчет избыточного давления для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Избыточное давление  $\Delta P$  для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} \quad (5.1)$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газозоудной или парозоудной смеси в замкнутом объеме. При отсутствии данных допускается принимать  $P_{\max}$  равным 900 кПа;

$P_0$  - начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

$m$  - масса паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) вышедших в результате расчетной аварии в помещении;

$Z$  - коэффициент участия горючих газов и паров в горении;

$V_{\text{св}}$  - свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{г,п}}$  - плотность газа или пара при расчетной температуре  $t_{\text{р}}$ , кг · м<sup>-3</sup>, вычисляемая по формуле:

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367 t_{\text{р}})}, \quad (5.2)$$

где  $M$  - молярная масса, м<sup>3</sup> · кмоль<sup>-1</sup>;

$V_0$  - мольный объем, равный 22,413 м<sup>3</sup> · кмоль<sup>-1</sup>;

$t_{\text{р}}$  - расчетная температура, °С.

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{24}{22,413 (1 + 0,00367 \cdot 61)} = 4,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92



технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры  $t_p$  по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

$C_{ст}$  - стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ % (объемных), вычисляемая по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (5.3)$$

где  $\beta = n_C + \frac{n_H}{4} - \frac{n_O}{2} = 0,25$  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

$n_C, n_H, n_O$  - число атомов С, Н, О в молекуле горючего;

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 0,25} = 45,25\%$$

$K_n$  - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать  $K_n$  равным трем.

$$\Delta P = (900 - 101) \frac{30 \cdot 3}{V_{св} 4,1} \cdot \frac{100}{45,25} \cdot \frac{1}{3} = 6,48 \text{ кПа}.$$

Масса паров бензина  $m$ , поступивших в помещение определяется из выражения:

$$m = WF_n T = 30 \text{ кг}. \quad (5.4)$$

где  $W$  — интенсивность испарения,  $W = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ;

$F_n$  — площадь испарения,  $\text{м}^2$ .

Интенсивность испарения  $W$  определяется по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше расчетной температуры (окружающей среды) ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать  $W$  по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \sqrt{M} \cdot P_n. \quad (5.5)$$

где  $\eta$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

$P_n$  — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_p$ , определяемое по справочным данным, кПа.

В остальных помещениях лаборатории, не имеется ни ЛВЖ, ни горючие пыли или волокна, не применяются также и горючие газы. Но имеются такие материалы как – резина, пластик, моторное масло, древесина. Следовательно, они относятся к категории В. Определение категорий помещения В1—В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Определение категорий помещения

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка $g$ на участке, МДж · м <sup>-2</sup>	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401–2200	В соответствии с Б.2
В3	181–1400	В соответствии с Б.2
В4	1–180	На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 м <sup>2</sup> .

При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка, пожарная нагрузка  $Q$ , МДж, определяется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{Hi}^p, \quad (5.6)$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;

$Q_{Hi}^p$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж·кг<sup>-1</sup>.

Количество твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов: моторное масло – 100кг; древесина – 100 кг; пластмасса – 45 кг; резина – 60 кг.

$$Q = 100 \cdot 15 + 45 \cdot 15.4 + 60 \cdot 14.8 = 3081 \text{ МДж.}$$

Удельная пожарная нагрузка  $g$ , МДж× м<sup>-2</sup>, определяется из соотношения:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (5.7)$$

где  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки, м<sup>2</sup>.

$$g = \frac{3081}{238} = 13 \text{ МДж/м}^2.$$

Согласно СП 12.13130.2009 данное помещение относится к категории В4 взрывопожароопасности.

Лаборатория оснащена пенными огнетушителями типа ОХП – 10 и ОВП – 10 из расчета 1 огнетушитель на 50 м<sup>2</sup> площади и ящиками с песком из расчета 1 ящик объемом 0,5 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> площади помещения. Тогда необходимое количество огнетушителей, шт.:

$$N_{\text{о.т.}} = S_{\text{п.к.}} / 50, \quad (5.8)$$

где  $S_{\text{п.к.}}$  - площадь помещения.

$$N_{\text{о.т.}} = 250 / 50 = 5.$$

Количество ящиков с песком, шт.:

$$N_{\text{ящ}} = S_{\text{п.к.}} / 100, \quad (5.9)$$

$$N_{\text{ящ}} = 250 / 100 = 3.$$

Огнетушитель подвешивается на высоте 1,5 м. в свободно доступных местах так, чтобы инструктивная надпись на корпусе была четко видна.

Здание лаборатории относится к классу В взрывопожарной опасности. Так как площадь помещения соответствующего классу Б составляет всего 4,8% от суммарной площади всех помещений.

Для исключения опасности взрыва произведем расчет максимально допустимого количества бензина в помещении:

$$m = \frac{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot C_{\text{с т}} \cdot K_{\text{н}} \cdot 5}{(P_{\text{max}} - P_0) \cdot Z \cdot 100} = 5,57 \text{ кг.}$$

где  $V_{\text{св}}$ ,  $\rho_{\text{г.п.}}$ ,  $C_{\text{с т}}$ ,  $K_{\text{н}}$ ,  $Z$ ,  $P_{\text{max}}$ ,  $P_0$  - то же что и в формуле (5.1).

Из расчета следует что максимально допустимое количество бензина в помещении не должно превышать 5,57кг или 7,6л. Остальной объем ЛВЖ хранить в специально предназначенном месте. Таким образом, помещение в котором хранится бензин, относится к категории В4, следовательно, здание лаборатории относим к категории В.

## 5.6 Экологичность проекта

Основными источниками вредных выбросов и отходов в настоящее время является промышленное производство и автомобильный транспорт. И хотя, благодаря интенсивным действиям экологов, конструкторы совершенствуют двигатели внутреннего сгорания и другие системы автотранспорта, а также работают над созданием современных и надежных фильтрующих элементов, и катализаторов, экологическая обстановка не улучшается, а ухудшается из – за все большего увеличения выпуска производства. В данной дипломной работе

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

проектируется двухсредное ТС (квадроцикл и снегоход), что позволит в дальнейшем, снизить объемы производства отдельно снегоходов и квадроциклов, и выпускать ТС сочетающее в себе качества как квадроцикла, так и снегохода.

Негативное влияние автомобильного транспорта на биосферу происходит не только за счет выделения выхлопных газов, содержащих вредные и ядовитые составляющие, но и за счет износа трущихся поверхностей

узлов и агрегатов, неизбежной утечки и испарения технических жидкостей, при том, что не везде отработанные масла и жидкости идут на вторичную переработку или утилизацию.

Немаловажные последствия нарушения теплового фона земли, влечет, выделение тепла многими энергетическими установками, а также и двигателями внутреннего сгорания автомобилей, что также плохо отражается на экологической обстановке. Разлитое на земле топливо уничтожает микробиологические процессы в почве, разрушает ее структуру, загрязняет водоемы, при испарении загрязняет атмосферный воздух.

Одновременно с появлением транспорта обострился один из основных загрязнителей окружающей среды – шум, от работы силовых установок, двигателей, от которых развиваются сердечно – сосудистые заболевания, язвенная болезнь, гастрит, нарушение обмена веществ и др.

Вывоз отходов разных классов - в зависимости от вида, отходы в дальнейшем направляются на перерабатывающие предприятия, утилизируются на специальных полигонах или вторично используются возможными способами.

В данной дипломной работе вопросы экологии не затрагиваются. Все работы, связанные с изготовлением разрабатываемых узлов и агрегатов не причиняют существенного вреда экологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технико-экономическом обосновании отражена актуальность темы, проведен литературно-патентный обзор конструкций существующих мотоциклов.

В конструкторской части проекта определены требования к проектируемому мотоциклу. Спроектирована рама мотоцикла, тормозное управление, электрооборудование. Приведены прочностные расчеты основных деталей несущей системы, в том числе методом конечных элементов с применением САПРовских пакетов программ.

Технологический раздел проекта содержит технологию изготовления рамы с применением, имеющегося на кафедре ТиТМ, оборудования.

Результаты расчетов экономической части показали, что стоимость разработки ниже стоимости существующих аналогов, без учета затрат на конструкторскую проработку, при этом комплексный показатель технического уровня проектного решения выше прототипа.

Спроектированный опытный образец электромотоцикла под названием «Персей» соответствует нормативным документам РФ предъявляемых к мотоциклам категории L1 и регламенту соревнований Smartmoto Challenge. На

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

международных соревнованиях 2015 г., проводимых в г. Москве, студенческая команда СФУ заняла 5 место среди 9 команд участников, где международное жюри особо выделило удачную эргономику и оригинальный дизайн нашего мотоцикла. В целом испытания опытного образца мотоцикла показали соответствие натурных и расчетных показателей.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программное обеспечение САПР Solid Works 2013.
2. Официальный сайт соревнований Smartmoto Challenge Moscow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smartmotochallenge.ru/>. – Загл. с экрана.
3. СТО 4.2-07-2014. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. Введ. приказом. 2014 г. №1520. Красноярск: ИПК СФУ, 2014. 60 с.
4. С. Ю. Иваницкий, Б. С. Карытанов, В. В. Рогожин, А. Г. Волков Мотоцикл. Конструкция, теория, расчет. - М.: Машиностроение, 1978 – 408 с.
5. ГОСТ Р 41.60-2001. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двухколесных мотоциклов и мопедов в отношении органов управления, приводимых в действие водителем, включая обозначение органов управления, контрольных приборов и индикаторов. Введен впервые; дата введ 29.03.2001. – М.: Госстандарт России, 2001. – 145 с.
6. ГОСТ Р 41.50-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения передних и задних габаритных огней, сигналов торможения, указателей поворота и устройств освещения заднего номерного знака для мопедов, мотоциклов и приравняваемых к ним транспортных средств. – Введен впервые; дата введ 01.07.1986. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 12 с.
7. Волков А. Т. Проектирование мотоцикла. - М.: Машиностроение, 1978 – 159 с.
8. Business insider Australia [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.businessinsider.com.au/ebike-sales-booming-in-europe-2014-8/>
9. Анализ эксплуатационных свойств автомобиля: учеб.-метод. пособие для курсовой работы по дисциплине «Теория автомобиля» [Электронный ресурс]/ сост. В.Г. Анопченко. – Электрон. издан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.
10. Практикум по теории движения автомобиля: Учебное пособие / В. Г. Анопченко. Красноярск: СФУ, 2013. 116с.
11. СНИП 31-06-2008. Общественные здания и сооружения.
12. ГОСТ 12.1.004-85. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введен впервые; дата введ 01.07.1986. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 12 с.
13. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. – Введен впервые; дата введ 03.04.1985. – М.: Госстандарт СССР, 1985. – 10 с.
14. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введен впервые; дата введ 01.01.1974. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 16 с.
15. ГОСТ 12.1.019-79. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введен впервые; дата введ 01.07.1980. – М.: Госстандарт СССР, 1980. – 16 с.
16. ГОСТ 19358-74. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введен впервые; дата введ 06.05.1974. – М.: Госстандарт СССР, 1974. – 10 с.

17. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/tit/TS6](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/tit/TS6).
18. Металлопрокат [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.irontrade.ru/goods/13656051-krug\\_titanovy](http://www.irontrade.ru/goods/13656051-krug_titanovy).
19. ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент. – Введен впервые; дата введ. 13.10.1975. – М.: Госстандарт СССР, 1975. – 19 с.
- 20.
21. Родикова Л. Н. Организация конструкторской подготовки производства: Учебное пособие. Красноярск: КГТУ, 2003 – 233 с.
22. Родикова Л. Н. Организация и планирование работы портов и транспортных терминалов: Учебное пособие / Л. Н. Родикова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. – 156 с.
23. Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности в техносфере / О. Н. Русак, Л. Н. Горбунова, А. А. Калинин, В. Я. Кондрасенко, К. Д. Никитин. Красноярск: Изд-во Офсет, 2001.
24. ГОСТ Р 41.78-2001.Единообразные предписания касающиеся официального утверждения транспортных средств категории L в отношении торможения. – Введен впервые; дата введ. 29.03.2001. – М.: Госстандарт России, 2001. – 23 с.
25. Допуски и посадки: справочник: в 2-х ч. Ч. 1 / В.Д. Мягков, В.А. Брагинский, М.А. Палей, А.Б. Романов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с
26. Справочник конструктора-машиностроителя [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://skmash.ru/str8.php>.
27. ООО "СибМеталлТорг" [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://24sibmt.ru>.
28. Motovolg [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://motovolg.com>.
29. Elmoto [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.elmoto.com/en/en-bikes/en-te2-tiefeinsteiger/en-technische-daten/>
30. ГОСТ 6253-78.Мотоциклы,мотороллеры,мопеды,мотовелосипеды. Методы испытания. – Введен впервые; дата введ 02.08.1978. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 43 с.
31. Программное обеспечение Reent.
32. Базовые и текущие часовые тарифные ставки, установленные с учетом фонда оплаты труда одного рабочего основного производства и одного рабочего, обслуживающего машины и механизмы, по виду экономической деятельности «строительство» на первый квартал 2016 года. Норма рабочего времени при 40-часовой неделе 161,33 часов [Электронный ресурс] - Режим доступа <http://айтат.пф/tarifnaya-setka-na-2016-god-fot-19-800-rublej>.

					ДП-190109.65 459314.000 ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		